Eduardo Macedo Penna
Victor Silveira Coswig
- Organizadores -

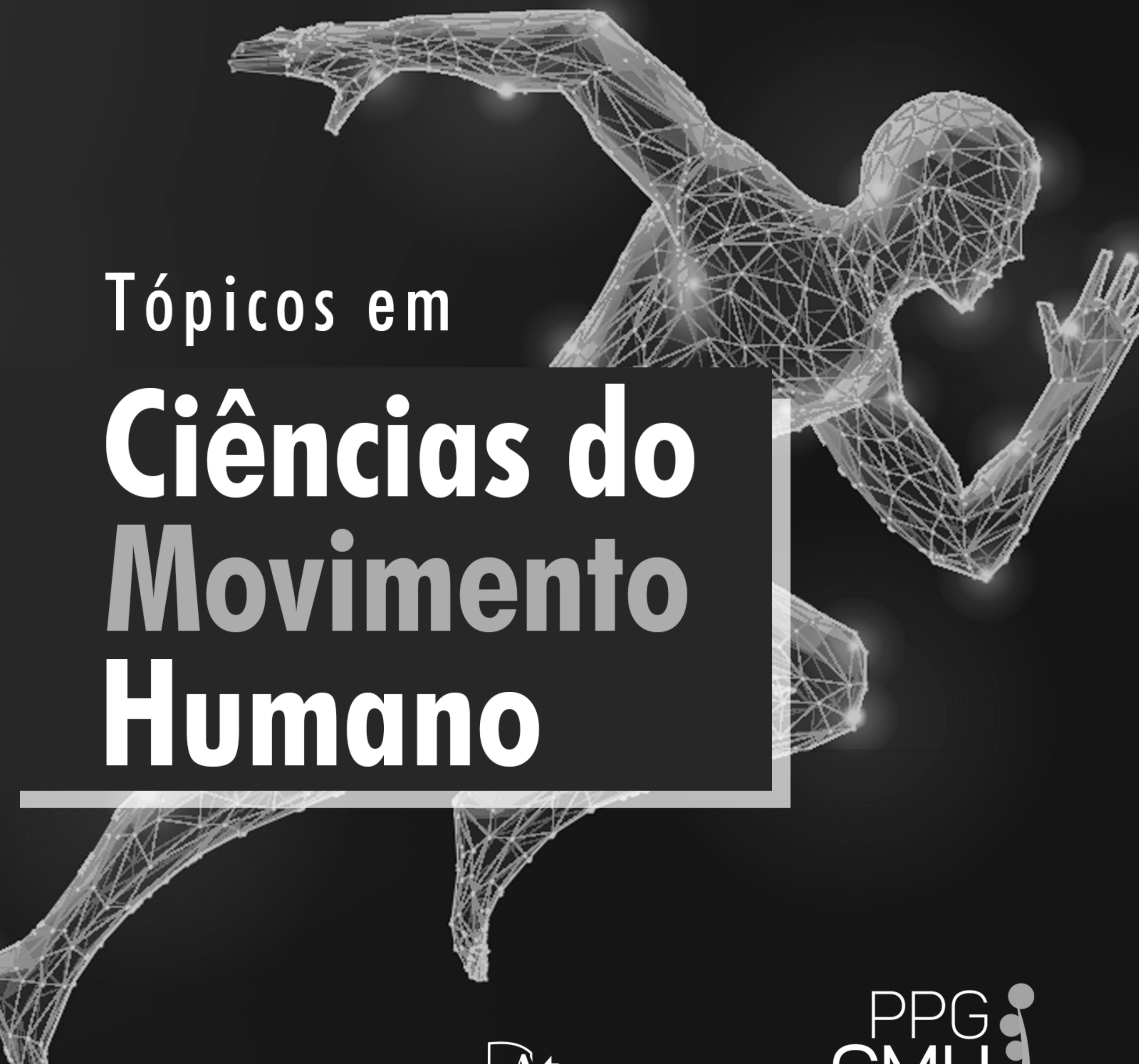


Tópicos em Ciências do Movimento Humano

Atena Editora
Ano 2023

PPG CMH
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Eduardo Macedo Penna
Victor Silveira Coswig
- Organizadores -



Tópicos em Ciências do Movimento Humano

Atena Editora
Ano 2023

PPG CMH
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Tópicos em ciências do movimento humano

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Soellen de Britto
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Eduardo Macedo Penna
Victor Silveira Coswig

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T674 Tópicos em ciências do movimento humano / Organizadores Eduardo Macedo Penna, Victor Silveira Coswig. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1554-1
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.541232706

1. Movimento humano. I. Penna, Eduardo Macedo (Organizador). II. Coswig, Victor Silveira (Organizador). III. Título.

CDD 613.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

PREFÁCIO

O Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH da Universidade Federal do Pará é um programa recente (fundado em 2019) e conta com um corpo docente fundado por jovens doutores. É sabido que o começo de todo empreendimento precisa ser construído com bases sólidas.

Neste sentido, em 2019 convencionou-se na reunião de planejamento estratégico do PPGCMH que algumas disciplinas teriam a meta de produzir livros de autoria dos alunos envolvidos com o objetivo de estimular a produção intelectual dos discentes e de seus orientadores respectivamente. A primeira oferta da disciplina Fisiologia do Exercício foi realizada pelo Professor Dr. Victor Silveira Coswig e que posteriormente passou a ser dividida com o Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna.

Os trabalhos produzidos pela primeira turma desta disciplina foram então compilados por estes dois docentes e estão compondo os capítulos desta primeira edição do livro "**Tópicos em Ciências do Movimento Humano**". Tratam-se de 12 capítulos sobre os variados temas trabalhados ao longo da disciplina.

Felicitamos aos docentes Victor e Eduardo pela organização e aos alunos e orientadores envolvidos nesta primeira obra do PPGCMH! Que nossas disciplinas possam gerar mais ações como esta e possam continuar contribuindo para a produção de conhecimento na área das Ciências do Movimento Humano!

Prof. Dr. Anselmo de Athayde Costa e Silva
Docente Permanente do PPGCMH
Ex-coordenador do PPGCMH (2019-23)

SUMÁRIO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Data de aceite: 06/06/2023

EDUARDO MACEDO PENNA

VICTOR SILVEIRA COSWIG

O estudo do movimento humano é multifacetado e complexo por natureza. Não obstante, são também múltiplas as significações sociais que se expressam a partir de diferentes práticas corporais e de cultura do movimento que foram, e são, historicamente constituídas. Entende-se, portanto, que se torna evidente o crescimento pelo interesse acadêmico-científico por áreas correlatas ao movimento. As descobertas acerca do potencial da atividade física e do movimento preenchem os noticiários e as mídias sociais, democratizando o conhecimento e as discussões sobre os potenciais benefícios de prevenção, tratamento e entretenimento. Parece, inclusive, que os benefícios do exercício para a saúde física e mental estão bem estabelecidos, o que direciona a pesquisa na área para os mecanismos e dosagens desse "remédio". Discute-se, assim, se seria ético não prescrever tal tratamento com tanto potencial e com tão poucos efeitos colaterais. Apresenta-se, assim, neste contexto, o conceito de Biodinâmica do movimento humano de acordo com o regimento do Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Pará (PPGCMH/UFPA):

> "A Biodinâmica do Movimento Humano [...] compreende a produção do conhecimento sobre os fenômenos relacionados ao movimento humano para entender seus desfechos em termos de desempenho no contexto do esporte, da atividade física e saúde e da reabilitação do movimento e, através do mesmo''.

Como área de concentração do PPGCMH/UFPA, a Biodinâmica do Movimento Humano norteia a produção de conhecimento nesta instituição com

base em duas linhas de pesquisa, que englobam: 1) *Avaliação e reabilitação funcional*; e 2) *Esporte, Atividade Física e Saúde*. É nesse bojo que este livro é concebido, a partir de produções associadas às temáticas que docentes e discentes do programa têm desenvolvido ao longo da recente história do curso.

De modo específico, a linha de *Avaliação e Reabilitação Funcional* visa a "desenvolver pesquisas acerca dos processos de avaliação e intervenção a partir de métodos e técnicas para a reabilitação funcional do movimento humano – e, também através deste, observando diferentes níveis de atenção à saúde." Enquanto a linha de *Esporte, Atividade Física e Saúde* visa a "investigar os efeitos agudos e/ou crônicos da atividade física, do exercício físico e do esporte com desfechos relacionados à saúde ou ao desempenho em diferentes populações".

Neste livro, apresentamos tópicos associados ao movimento humano que se enquadram nos desfechos da biodinâmica, ou seja, do desempenho físico e esportivo à reabilitação, passando por conceitos relacionados à atividade física e saúde. Da avaliação à intervenção, são retomados procedimentos metodológicos e discutidos achados recentes sobre diferentes sistemas. Esperamos que este documento possa auxiliar profissionais de Educação Física e Fisioterapia em sua prática cotidiana nos diferentes espaços de atuação.

Boa leitura.

AVALIAÇÕES OBJETIVAS DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA

Data de aceite: 06/06/2023

KARINA SANTOS GUEDES DE SÁ

FELIPE SANTOS

ANSELMO DE ATHAYDE COSTA E SILVA

Introdução

Ao longo do processo de urbanização, ocorreram avanços científicos e tecnológicos com o intuito de tornar mais confortáveis as atividades que anteriormente poderiam demandar muito tempo. Porém, o aumento da facilidade e conforto induzem efeitos negativos: as pessoas se tornaram sedentárias (MANFERDELLI; LA TORRE; CODELLA, 2019). O baixo nível de atividade física representa um fator de risco para a saúde, relacionado a mais de 3 milhões de mortes evitáveis, e é considerado o quarto principal fator de risco para doenças não transmissíveis (HALLAL *et al*., 2012).

Nesse contexto, o estudo realizado por Hallal *et al*. (2012) sugere que em cada 10 indivíduos com 15 anos ou mais, aproximadamente 3 não atendem às recomendações de prática de atividade física, o que corresponde a cerca de 1,5 bilhão de pessoas. Nas populações mais jovens, com idades entre 13 e 15 anos, de 5 adolescentes, 4 não atendiam às recomendações vigentes à época (HALLAL *et al*., 2012). Além disso, a inatividade também está relacionada com baixos escores de autoestima.

Em contrapartida, pesquisas mostram que a prática diária de atividade física (AF) promove adaptações em todos os sistemas do corpo, o que propicia melhora do estado de saúde e melhor qualidade de vida (GARBER *et al*., 2011). A AF está ligada positivamente ao aumento da expectativa de vida e demonstra ser um fator de proteção contra doenças cardiovasculares e condições ligadas ao estilo de vida como obesidade e diabetes (SKOGSTAD *et al*., 2016), além de ser um fator de proteção da saúde mental.

Dessa forma, a avaliação acurada dos níveis de AF é importante para o delineamento de parâmetros e tendências,

assim como esclarecer suas associações com desfechos na saúde. Porém, ainda não existe consenso na forma como a AF é mensurada, dada a variabilidade de técnicas disponíveis. Nesse sentido, alguns estudos se utilizam de questões gerais sobre a prática diária de AF, o que depende do recordatório do sujeito avaliado, ou seja, uma avaliação subjetiva. O problema de se utilizar medidas subjetivas é que muitas vezes esses resultados podem estar superestimados ou subestimados. Estudos com proposta de mensurar a AF por meio de métodos objetivos utilizam instrumentos como sensores inerciais de movimento (acelerômetro).

Assim, ao longo deste capítulo vamos apresentar: i) conceito de atividade física e nível de atividade física; ii) métodos para a avaliação da AF; iii) desvantagens dos métodos subjetivos; iv) a aplicabilidade em grupos específicos; v) parâmetros para avaliação e; vi) recomendações internacionais para a prática de AF.

Atividade física e nível de atividade física

É consenso que a prática da atividade física proporciona diversos benefícios para a saúde e bem-estar, sendo estimulada por diversos profissionais de saúde. Contudo, é comum a não diferenciação entre atividade física e exercício físico. A atividade física é definida como todo e qualquer movimento corporal resultante da ação do sistema musculoesquelético, gerando gasto energético (KINIKLI *et al.*, 2018; POLISSENI & RIBEIRO, 2014). Já o exercício físico trata-se de uma atividade física previamente planejada, orientada e proposta para manutenção ou melhora dos componentes da aptidão física associados à saúde: resistência aeróbica, resistência anaeróbica e força muscular, flexibilidade e composição corporal (MATTOS & NEIRA, 2000). Portanto, todo exercício físico é uma atividade física, mas nem sempre a atividade física caracteriza-se como um exercício físico.

O nível de atividade física (NAF) pode ser avaliado em termos de intensidade, frequência, tipo, modo e duração, de forma objetiva ou subjetiva, como relatado anteriormente. As medidas subjetivas são realizadas em sua grande maioria através de relatórios subjetivos de exaustão ou por medidas descritivas das atividades, como o trabalho realizado por Puciato, Borysiuk & Rozpara (2017), no qual avaliaram a correlação entre qualidade de vida e o nível de atividade física em uma população de 1013 pessoas, com idade entre 55 e 64 anos, através do Questionário Internacional de Atividade Física Versão Curta (IPAQ-SF, sigla derivada do inglês) e o questionário de Qualidade de Vida da Organização Mundial de Saúde (WHOQOL-BREF). Como resultado, os autores observaram que os sujeitos que apresentavam um maior nível de atividade física obtiveram melhor pontuação no WHOQOL-BREF. Esses métodos dependem da capacidade do indivíduo de lembrar e estimar corretamente a atividade física, gerando assim alta incerteza de medição, apesar de alguns deles atingirem precisão e exatidão aceitáveis estatisticamente. O modo

como as perguntas são feitas, bem como são compreendidas, e o contexto cultural do indivíduo também afetam o resultado e, assim, limitam a aplicabilidade geral dos métodos subjetivos (WESTERGREN *et al*., 2017; AVRIDSSON *et al*., 2019).

Outra forma de avaliar o NAF é através de recursos objetivos, com análise quantitativa de sinais. Mensuração de gasto energético ou movimento (contagem de passos, acelerometria, registro de frequência cardíaca) são exemplos de métodos objetivos de avaliação do NAF. Uma diferença entre esses dois métodos é que a avaliação subjetiva tende a subestimar os classificados como sedentários ou superestimar a atividade física moderada e alta, enquanto os métodos objetivos não. Os modelos objetivos, porém, têm como principal desvantagem o alto custo, tornando sua aplicabilidade pouco viável na rotina clínica.

Principais métodos de avaliação do NAF

O número de trabalhos científicos que utilizam métodos objetivos para avaliar o NAF é crescente, contudo, a utilização de métodos subjetivos ainda é muito presente na literatura. Dentre os principais recursos considerados objetivos utilizados, temos os sensores inerciais e pedômetro. Esses recursos serão debatidos ao longo do capítulo. Os questionários são os principais recursos de análise subjetiva do NAF e serão descritos a seguir.

Questionários

Uma forma de avaliação do NAF se dá através da utilização de questionários. Atualmente, existem 2 mais utilizados nas pesquisas: o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) e o Questionário Global de Atividade Física (GPAQ), ambos propostos pela Organização Mundial da Saúde (1998). Essas ferramentas consistem em uma sequência de perguntas que visam a gerar medidas autorreferidas sobre a prática de AF na população em geral, ou seja, geram dados subjetivos. Esses instrumentos visam a capturar intensidade, frequência e duração da AF e tiveram seu desenvolvimento proposto para uso internacional, além de já terem sido validados em diversos contextos (MATSUDO *et al*., 2001). Entretanto, mesmo tendo sido gerados pela mesma instituição, apresentam algumas distinções: O GPAQ possui 16 questões que capturam a AF geral de cada domínio separadamente (trabalho, transporte, lazer e tempo sedentário) e o IPAQ possui 27 questões que capturam a AF geral de forma não específica, ou seja, independentemente do domínio, utilizando-se da intensidade da atividade como parâmetro (vigorosa, moderada, caminhada).

Sensores inerciais

Dentre os métodos mais utilizados atualmente para mensurar o NAF, estão as unidades *Wearable Inertial Measurement Units* (tradução livre: unidades vestíveis de medição inercial) ou IMU, composto usualmente por acelerômetros e giroscópios, com a possibilidade de inclusão de um magnetômetro para obtenção de sinais de orientação geoespacial, semelhante aos sistemas de GPS. Acelerômetros e giroscópios são sensores triaxiais com a capacidade de mensurar a aceleração linear e a velocidade angular, respectivamente, durante um tempo determinado, possibilitando, assim, a análise da variação do movimento a partir da resultante da variação da aceleração nos eixos X, Y e Z (PICERNO, 2017). A figura 1 é um exemplo da captura dos sinais de um acelerômetro de um smartphone. Podemos observar o comportamento das ondas nos respectivos eixos. Esses sensores coletam informações de frequência, intensidade e duração de atividades nos três eixos (LEARMONTH *et al*., 2016). Portanto, o sensor inercial parece ser mais sensível do que outros métodos de mensuração como os pedômetros (uniaxial), por exemplo, mesmo em baixos níveis de atividade, e geram medidas objetivas (WARMS *et al*., 2009).

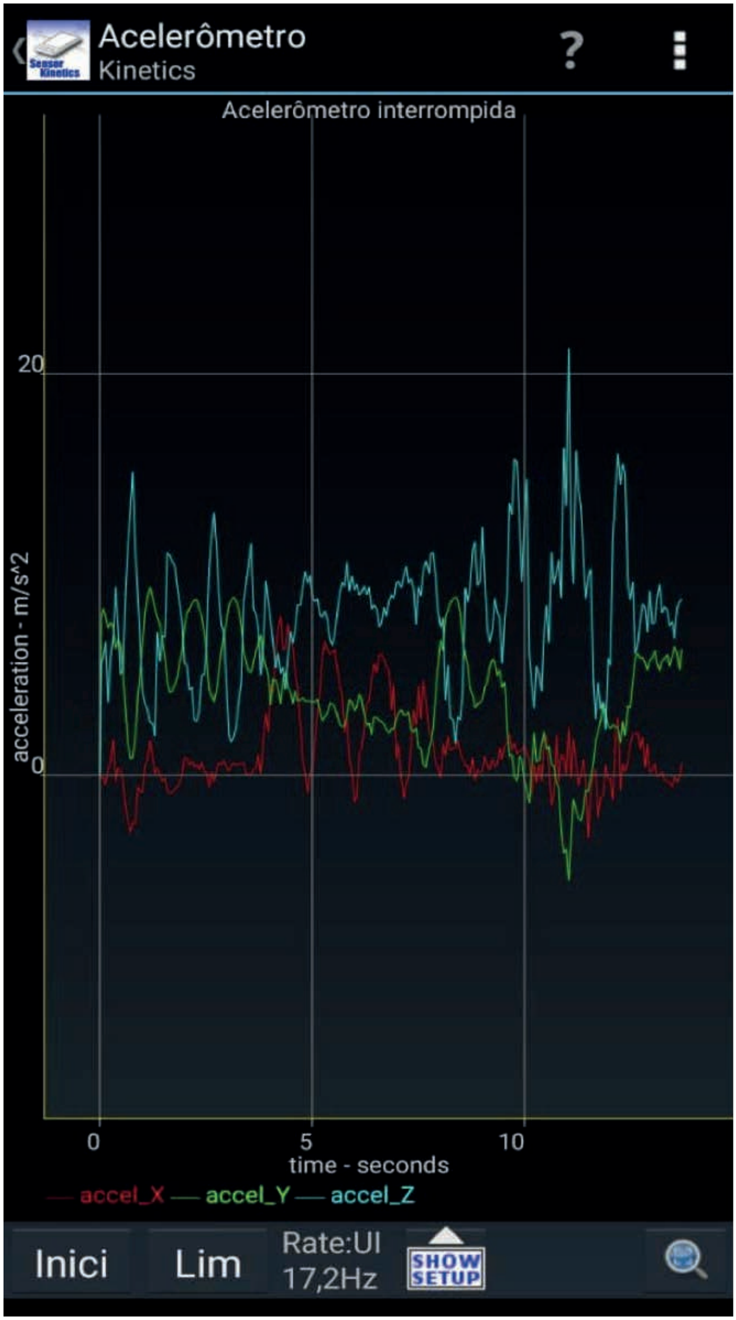


Fig. 1: Sinal do acelerômetro em smartphone através do aplicativo Sensor Kinects. Fonte: autor.

Um dos primeiros registros de pesquisa para quantificação de movimento humano com acelerômetros é de Cavagna, Saibene e Margaria em 1961, no qual é descrito um acelerômetro desenvolvido pelos autores para análise de movimentos articulares globais.

As dimensões desse aparelho são de 40 x 40 x 15mm com peso de 50g, enquanto as versões atuais como o *GENEAactive* apresentam 36 x 30 x 12mm e peso de 16g (ELISGER *et al*., 2011).

Os sensores atuais permitem ser fixados em qualquer segmento corporal sem comprometer o movimento que se deseja avaliar, pois além das dimensões e peso reduzidos, usualmente eles são combinados com transmissores *bluetooth*, rede wireless ou cartões SD, para, assim, transmitir os dados obtidos em tempo real ou para armazenamento (PICERNO, 2017). A interpretação dos valores é realizada em softwares de análise estatística. Para aumentar a precisão, é necessário utilizar filtros nos algoritmos de análise para eliminar os ruídos.

Uma alternativa para a rotina clínica é utilizar os sensores inerciais existentes nos smartphones para a avaliação do nível de atividade física. Del Rosário *et al*. (2015) realizaram uma revisão de literatura cuja conclusão é a de que os smartphones possibilitam bons resultados na estimativa de variação de movimento, apesar de possuírem limitações, como durabilidade da bateria, dimensões do aparelho, entre outras.

Seu posicionamento mais comum é na coluna lombar baixa, devido à proximidade com o centro de gravidade. Contudo, estudos recentes afirmam que o pulso é um bom local de fixação porque pode capturar com maior precisão movimentos dos membros superiores em atividades não ambulatoriais, como atividades diárias ou gestos esportivos (DUNCAN *et al*., 2019). Diante de tal versatilidade, estudos são desenvolvidos a fim de validar a utilização dos sensores inerciais em outros segmentos corporais, como quadril (RANTALAINEN *et al*., 2018; DUNCAN *et al*., 2019) ou pés (BARROIS *et al*., 2017), apresentando resultados significativos em suas análises.

Os acelerômetros apresentam como vantagem o fácil manuseio e a portabilidade. Entretanto, os sensores muitas vezes apresentam valores inacessíveis para a população em geral, com preços a partir de R$ 160,00, e muitas vezes precisam ser importados.

Logo, sensores inerciais se constituem em uma ferramenta útil com grande confiabilidade para quantificar o nível de atividade física.

Pedômetro

Outro recurso descrito na literatura é o pedômetro, dispositivo capaz de contabilizar o número de passos realizados por um determinado tempo (BASKERVILLE *et al*., 2017). Como dito anteriormente, atividade física é todo e qualquer movimento corporal que gera gasto energético, e tal dispositivo possibilita a análise do nível de atividade física de um sujeito dentro de uma periodização de conduta. Ele é utilizado por um público que geralmente está iniciando uma rotina de atividade física, dado o seu potencial motivador. Bravata *et al*. (2007) afirmam que 10.000 passos por dia aumentam significativamente a qualidade de vida de adultos, informação reiterada por Pinto *et al*. (2016) quando sugerem

que o aumento gradativo da relação de quantidade de passos / dia possibilita ganhos de saúde, como valores mais baixos para o índice de massa corporal, redução da adiposidade central e da prevalência de fatores de risco para doenças cardiovasculares e diabetes. Portanto, o dispositivo é bastante utilizado em atividades de intensidade baixa a moderada, especialmente em grupos de risco, nos quais uma simples caminhada já se constitui em um esforço significativo (KAMINSKY *et al*., 2019).

O pedômetro é um sensor uniaxial, portanto com menor precisão em comparação com o acelerômetro (triaxial), por exemplo. Em comparação com o acelerômetro, trata-se de um recurso com análise mais simples, permitindo inclusive maior compreensão pelo sujeito analisado. Em um estudo realizado por Pinto *et al*. (2016), um grupo de 65 idosas foi orientado a contabilizar o número de passos realizados diariamente durante 3 meses, visando a uma mudança comportamental quanto à atividade física. Os autores consideraram o uso do pedômetro como um fator motivador para a mudança de comportamento da sua amostra.

Assim como o acelerômetro, existem pedômetros com validação científica, como o Yamax SW-200, considerado um dos aparelhos mais precisos. Ele funciona através de um mecanismo de mola helicoidal para contagem dos passos. Quando uma força suficiente (aproximadamente ≥0,35G) é aplicada à mola helicoidal a partir do movimento para cima e para baixo da cintura pélvica durante a marcha, o braço da alavanca desvia, representando um passo [ORR *et al*., 2015]. Atualmente, os smartphones também disponibilizam o recurso de contagem de passos, inclusive combinado a outros sensores, como GPS ou acelerômetros. Contudo, Orr *et al*. (2015) realizaram um estudo visando à validação desses pedômetros, e o resultado foi o de que não houve confiabilidade dos dados, portanto eles sugerem cautela ao utilizar esse recurso.

Quanto ao posicionamento do pedômetro, Harris *et al*. (2013) e Atkins, Cannell & Barr (2019) utilizaram o dispositivo na região do quadril, enquanto estudos de Pinto *et al*. (2016) e Missud *et al*. (2019) possibilitaram o uso do aparelho fixado próximo ao quadril ou de forma livre dentro de bolsas. Na descrição dos métodos desses estudos, foi relatado que os pesquisadores utilizaram pedômetros triaxiais, que possibilitam maior liberdade de uso.

O estudo de Harris *et al*. (2013) aponta como limitação do pedômetro que revisões realizadas até aquele momento descreviam que os efeitos positivos desse aparelho são vistos nos 3 primeiros meses de uso, mas não a partir do 6º mês. Ele cita, ainda, que há carência de estudos com amostras maiores e com maior inclusão de homens idosos. Os pedômetros usados isoladamente, sem metas estabelecidas, também perdem funcionalidade, de acordo com estudo de Atkins, Cannell & Barr (2019).

Um dos principais pontos favoráveis ao seu uso é o custo. Em sites de busca, podemos encontrar esses dispositivos com facilidade e preço a partir de R$ 50,00. Outro benefício é a facilidade de interpretação dos sinais desse recurso, tornando-o acessível para a rotina clínica, não se restringindo ao uso laboratorial.

Conclui-se que o pedômetro é um bom recurso para avaliar o nível de atividade física, principalmente para atividades de intensidade baixa.

Desvantagens dos métodos subjetivos

Os questionários em geral são de fácil aplicação. Entretanto, os dados coletados com eles parecem ser subestimados ou superestimados (WESTERGREN *et al*., 2017; AVRIDSSON *et al*., 2019), além de estarem sujeitos à recordação do indivíduo com relação às atividades desempenhadas (DOHRN *et al*., 2017). O estudo de Matsudo *et al*. (2001) objetivou validar o questionário IPAQ para a população brasileira, alcançando sua meta. Contudo, os autores relatam algumas limitações da aplicabilidade do questionário em questão, como dificuldade de compreensão e interpretação de determinadas perguntas, fato que leva a erros de preenchimento e, consequentemente, afeta o resultado da pesquisa.

Outro ponto listado como limitação dos questionários por Matsudo *et al*. (2001) é o tempo de aplicação. O questionário completo pode levar até 20 minutos, tornando essa tarefa cansativa e fazendo o sujeito perder interesse e comprometimento com ela. Alguns questionários possuem uma versão curta, o que minimiza o problema citado anteriormente, porém alguns dados deixam de ser coletados para tal.

Uso das técnicas em grupos especiais:

A literatura mostra que a prática de atividade física é capaz de proporcionar diversos benefícios para a melhora da saúde e qualidade de vida, recomendando que todo e qualquer indivíduo se torne fisicamente ativo. Tal recomendação estende-se aos chamados grupos especiais, que são pessoas que apresentam alguma doença, limitação ou incapacidade específica e para as quais o exercício físico necessite ser adaptado, quando comparado com indivíduos saudáveis. Para essa população, a medida do nível de atividade física tem um papel importante, pois erros cometidos durante a prescrição da atividade podem trazer inúmeros malefícios.

Os pedômetros são ferramentas muito utilizadas em cardiopatas, principalmente no meio hospitalar, e em idosos, devido à natureza das atividades às quais esses grupos geralmente estão sujeitos. Ozmeck *et al*. (2019) utilizaram o pedômetro em um protocolo de reabilitação, visando a aumentar o nível de atividade física diária em pacientes cardiopatas. Os resultados mostraram um aumento do NAF do grupo que utilizava o pedômetro em comparação com o grupo que realizou o tratamento convencional. Pinto *et al*. (2016) propuseram um modelo de intervenção em idosas baseado no uso dos pedômetros, e observaram uma melhora do nível de atividade física ao final do estudo. Kahan *et al*. (2019), por sua vez, avaliaram o NAF de crianças que frequentavam colégios religiosos na Califórnia e notaram um aumento do número de passos durante o período da Quaresma. Os autores correlacionaram esse fato com a motivação dos jovens para realizar tarefas

relacionadas com sua fé, de forma que aumentaram seu deslocamento diário.

Os grupos com déficit de mobilidade se beneficiam bastante com o uso dos sensores inerciais, dada a sua sensibilidade na quantificação do movimento. Van der Slikke *et al*. (2017) compararam um monitor da performance da mobilidade de cadeira de rodas (Wheelchair Mobility Performance Monitor ou WMPM, do inglês) aos IMUs, para avaliar a performance de mobilidade da cadeira em praticantes de basquetebol de cadeira de rodas. Esse parâmetro é importante quando desejamos aumentar o desempenho do atleta. Os sensores foram acoplados nas cadeiras de rodas e os dados de velocidade e deslocamento foram coletados durante uma partida de 10 minutos. Após a análise, concluiu-se que os dados obtidos por ambos os sensores foram semelhantes, sem diferença significativa, mostrando, assim, confiabilidade desses recursos. Rantalainen *et al*. (2018) validaram o uso de sensores inerciais para avaliar o salto vertical de adolescentes, um parâmetro importante para avaliação de força de membros inferiores.

Tais exemplos demonstram a versatilidade desses recursos, tanto para indivíduos saudáveis quanto para sujeitos com algum tipo de limitação física.

Grupos de níveis de atividade:

A fim de melhor orientar e nortear pesquisadores quanto à realização de AF nos diferentes países, houve a necessidade de classificar os indivíduos em grupos de níveis de atividade física. Para isso, uma das ferramentas que fornecem essa classificação é o IPAQ – Questionário Internacional de Atividade Física. Seu desenvolvimento foi uma medida internacional para AF, que começou em Genebra, em 1998, e foi seguida por extensos testes de confiabilidade e validade realizados em 12 países no ano 2000. De acordo com o IPAQ, as pessoas podem ser classificadas em 4 grandes grupos (JARVIG; FJÆRE; GAMMELGAARD, 2012):

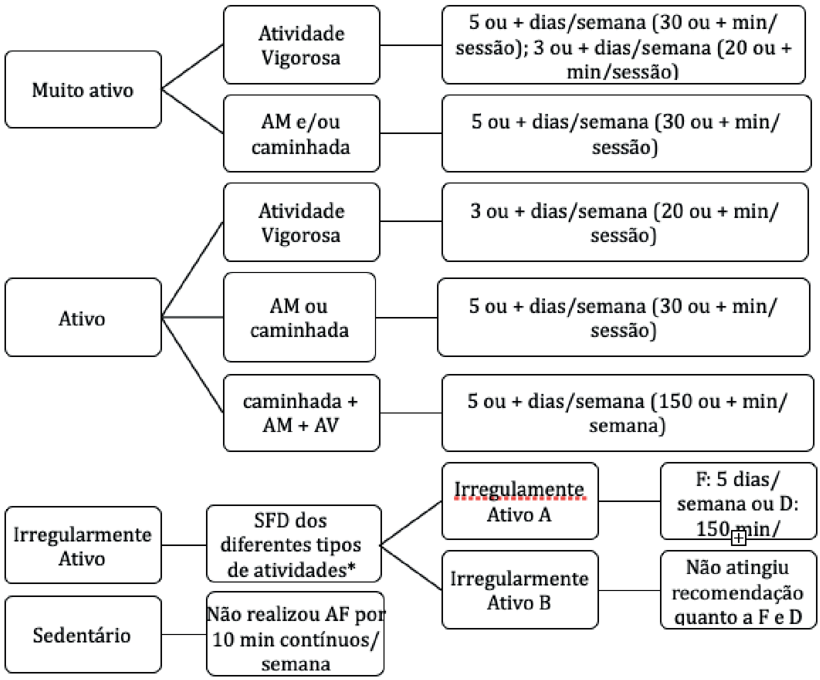


Figura 1: Classificação dos níveis de atividade física - IPAQ

Legenda: AM = Atividade Moderada. AV = Atividade Vigorosa. SFD = Soma da Frequência e a Duração. F = Frequência. D = Duração. *caminhada + atividade moderada + atividade vigorosa

Fonte: autor.

Além da classificação do IPAQ, existe uma outra forma de se classificar os grupos de atividade física, que se dá através da contagem do tempo sedentário a partir dos Equivalentes Metabólicos da tarefa (METs). O MET é uma medida objetiva baseada na razão entre a quantidade de energia gasta e a massa da pessoa durante uma tarefa. Esse valor é referenciado por convenção em 3,5 ml de oxigênio por quilograma por minuto, que se aproxima com o valor gasto em repouso. O comportamento sedentário tem sido definido para se referir à exposição a atividades com baixo dispêndio energético, atividades ≤ 1.5 METs (OWEN; HEALY; MATTHEWS; DUNSTAN, 2010). É importante ressaltar que o comportamento sedentário e a inatividade física não são sinônimos, visto que apresentam respostas fisiológicas diferentes em relação à saúde. Portanto, não podem ser mensurados e interpretados de maneira igual, e esta é a principal crítica feita à classificação do IPAQ sobre como se classifica um indivíduo sedentário (MENEGUCI *et al*., 2015).

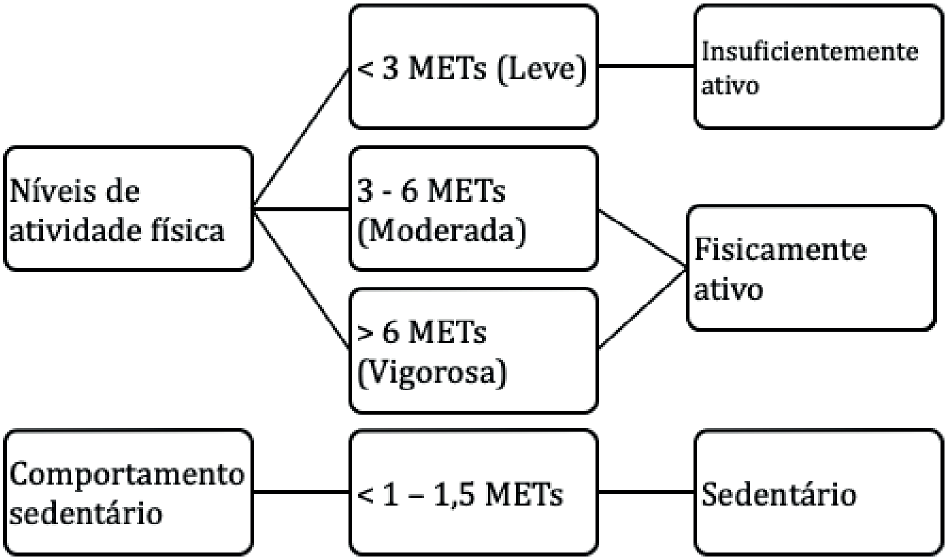


Figura 2: Classificação de níveis de atividade através dos METs

Fonte: autor.

Recomendações

Algumas organizações ao redor do mundo lançam guias para a prática de AF, que têm como objetivo sensibilizar as pessoas quanto à necessidade emergencial de modificar o estilo de vida sedentário. Assim, através de pesquisas científicas, visam a estabelecer parâmetros para realização de exercícios e manutenção da saúde.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) é um organismo internacional de saúde pública de alcance mundial. A fim de fornecer uma ferramenta para que os países pudessem monitorar e quantificar os níveis de AF, a OMS desenvolveu um Questionário Global de atividade física (GPAQ). Essa ferramenta foi integrada ao método “progressivo” da OMS, aplicado à vigilância dos principais fatores de risco para doenças não transmissíveis. Em 2010, lançou as *Recomendações Globais sobre Atividade Física e Saúde*. Esse documento concentra-se na prevenção primária de doenças não transmissíveis por meio da AF, propondo, dessa forma, diferentes opções de políticas para atingir os níveis recomendados de atividade física no mundo. Veja no quadro abaixo as recomendações dessa instituição (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Idade	Recomendação	Nível de atividade	Recomendações adicionais
5 a 17 anos	60 min/dia	Moderada ou intensa	Durações maiores que 60 minutos de AF proporcionam benefícios à saúde ainda maiores. Incluir atividades que fortaleçam músculos e ossos, pelo menos três vezes por semana.
18 a 64 anos	150 min/ semana	Moderada	Para obter maiores benefícios à saúde, os adultos devem atingir 300 minutos por semana de AF moderada ou equivalente. Realizar atividades de fortalecimento muscular 2 ou mais dias por semana e de maneira a exercitar grandes conjuntos musculares.
	75 min/semana	Intensa	
65 anos ou mais	150 min/ semana	Moderada	Para obter maiores benefícios à saúde, essas pessoas devem atingir 300 minutos por semana de AF moderada ou equivalente. Pessoas com problemas de mobilidade devem praticar AF pelo menos 3 dias por semana, para melhorar seu equilíbrio e evitar quedas. É aconselhável realizar atividades de fortalecimento muscular 2 ou mais dias por semana e de maneira a exercitar grandes conjuntos musculares.
	75 min/semana	Intensa	

Quadro 1: Recomendações da OMS para prática de atividade física

Fonte: autor baseado em (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Outra diretriz amplamente utilizada ao redor do mundo foi lançada pelo American College of Sports Medicine (ACSM) - Colégio Americano de Medicina Esportiva. No ano de 2007, a ACMS, em associação com a American Heart Association – Associação Americana do Coração - lançaram o artigo intitulado *Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association*, que recomenda que os adultos realizem pelo menos 150 minutos por semana de exercícios de intensidade moderada (HASKELL *et al*., 2007). Em 2011, foi lançada uma atualização intitulada *Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise* (GARBER *et al*., 2011), que visa a solucionar a questão acerca de qual a quantidade de exercício é necessária para se manter uma vida saudável.

Idade	Recomendação	Intensidade	Recomendações adicionais
Adultos	30 - 60 min 5 x na semana (150 min/semana) 20 a 60 min 3 x na semana	Moderada Vigorosa	Recomenda-se uma progressão gradual do tempo de exercício, frequência e intensidade para melhor aderência e menor risco de lesão. Pessoas incapazes de cumprir esses volumes mínimos podem ainda se beneficiar com a prática de alguma outra atividade.

Quadro 2: Recomendação para Exercícios cardiorrespiratórios - ACSM

Fonte: autor baseado em (GARBER et al., 2011).

Categoria	Repetições	Vezes por semana	Benefícios	Recomendações adicionais
Adulto	8-12	2 ou 3 dias/ semana	Força e potência	Exercícios com menores intensidades são mais indicados para pessoas idosas e adultos que estejam sedentários ou iniciando alguma atividade. Adultos devem esperar pelo menos 48 horas entre as sessões de treinamento de força para se recuperar para uma nova sessão de treino.
Idoso	10 -15	2 ou 3 dias/ semana	Força e potência	
Destreinados	15-20	2 ou 3 dias/ semana	resistência muscular	

Quadro 3: Recomendação para exercícios resistidos (com peso) - ACSM

Fonte: autor baseado em (GARBER et al., 2011).

Idade	Repetições	Manter cada exercício	Vezes por semana	Recomendações adicionais
Adultos	2-4 vezes, até um total de 60 segundos	10-30 segundos	2 ou 3 dias/ semana	Alongamentos estático, dinâmico ou balístico: são todos eficazes. O exercício de flexibilidade é mais eficaz quando o músculo está aquecido. Faça uma atividade aeróbica leve ou tome um banho quente para aquecer a musculatura antes do alongamento.

Quadro 4: Recomendações para exercícios de flexibilidade – ACSM

Fonte: autor baseado em (GARBER et al., 2011)

Idade	Recomendação	Vezes na semana	Recomendações adicionais
Adultos	20-30 min/dia	2 ou 3 dias/ semana	Os exercícios devem envolver habilidades motoras (equilíbrio, agilidade, coordenação e corrida), treinamento de exercícios proprioceptivos e atividades multifacetadas (tai chi e ioga) para melhorar a função física e prevenir quedas em pessoas idosas.

Quadro 5: Recomendações para exercícios neuromotores (exercícios funcionais) – ACSM

Fonte: autor baseado em (GARBER et al., 2011).

Referências

ARMSTRONG, M.; WINNARD, A.; CHYNKIAMIS, N.; BOYLE, S.; BURTIN, C.; VOGIATZIS, I. Use of pedometers as a tool to promote daily physical activity levels in patients with COPD: a systematic review and meta-analysis. **Eur Respir Rev**. 2019.

ATKINS, A.; CANNELL, J.; BARR, C. Pedometers alone do not increase mobility in inpatient rehabilitation: a randomized controlled trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 33, n. 8, p. 1382–1390. 2019.

ATKINS, A.; CANNELL, J.; BARR, C. Pedometers alone do not increase mobility in inpatient rehabilitation: a randomized controlled trial. **Clin Rehabil**. 2019.

AVRIDSSON, D. *et. al*. **Med accelerometrar kan fysisk aktivitet mätas objektivt**. Läkartidningen. 2019; 116: FPZW Jornal Médico 42/2019.

BARROIS, R. P. M.; RICARD, D.; OUDRE, L.; TLILI, L.; PROVOST, C.; VIENNE, A. *et al*. **Observational study of 180° turning strategies using inertial measurement units and fall risk in poststroke hemiparetic patients**. Front Neurol. 2017.

BASKERVILLE, R.; RICCI-CABELLO, I.; ROBERTS, N.; FARMER, A. Impact of accelerometer and pedometer use on physical activity and glycaemic control in people with Type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Diabetic Medicine**. 2017.

BRAVATA, D. M.; SMITH-SPANGLER, C.; SUNDARAM, V.; GIENGER, A. L.; LIN, N.; LEWIS, R. *et al*. Using pedometers to increase physical activity and improve health: A systematic review. **Journal of the American Medical Association**. 2007.

CAVAGNA, G.; SAIBENE, F.; MARGARIA, R. **A three-directional accelerometer for analyzing body movements**. J Appl Physiol. 1961.

DEL ROSARIO, M. B.; REDMOND, S. J.; LOVELL, N. H. **Tracking the evolution of smartphone sensing for monitoring human movement**. Sensors (Switzerland). 2015.

DOHRN, I. M.; HAGSTRÖMER. M.; HELLÉNIUS, M. L.; STÅHLE, A. Efeitos a curto e longo prazo do treinamento em equilíbrio sobre a atividade física em idosos com osteoporose: um estudo controlado randomizado. **J Geriatr Phys Ther**. 2017; 40 (2): 102-111. doi: 10.1519 / JPT.0000000000000077.

DUNCAN, M. J.; ROWLANDS, A.; LAWSON, C.; WRIGHT, S. L.; HILL, M.; MORRIS, M.; EYRE, E.; TALLIS, J. Using accelerometery to classify physical activity intensity in older adults: what is the optimal wear-site? **European Journal of Sport Science**, 2019. https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1694078

ESLIGER, D. W.; ROWLANDS, A. V.; HURST, T. L.; CATT, M.; MURRAY, P.; ESTON, R. G. Validation of the GENEA accelerometer. **Med Sci Sports Exerc**. 2011.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A.; LAMONTE, M. J.; LEE, I.-M.; SWAIN, D. P. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 43(7), 1334–1359. 2011. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb

HALLAL, P.; ANDERSEN, L. B.; BULL, F. C.; GUTHOLD, R.; HASKELL, W.; EKELUND, U. *et al*. Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects. **The Lancet**, 380(9838), 247–257. 2012. doi:10.1016/s0140-6736(12)60646-1

HARRIS, T.; KERRY, S. M.; VICTOR VICTOR, C. R.; SHAH, S. M.; ILIFFE, S.; USSHER, M. *et al*. PACE-UP (Pedometer and consultation evaluation - UP) - a pedometer-based walking intervention with and without practice nurse support in primary care patients aged 45-75 years: Study protocol for a randomised controlled trial. **Trials**. 2013.

HASKELL, W. L.; LEE, I. M.; PATE, R. R.; POWELL, K. E.; BLAIR, S. N.; FRANKLIN, B. A.; BAUMAN, A. Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 39(8), 1423–1434. 2007. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616b27

JARVIG, L.; FJÆRE, K. W. & GAMMELGAARD, L. G. Pharmaceutical interventions in hospital practice-care of the polypharmacy-patient upon hospitalisation. **European Journal of Hospital Pharmacy**, 19(2), 231.2-231. 2012. https://doi.org/10.1136/ejhpharm-2012-000074.382

KAHAN, D.; LORENZ, K. A.; KAWWA, E.; RIOVEROS, A. Changes in school-day step counts during a physical activity for Lent intervention: A cluster randomized crossover trial of the Savior's Sandals. **BMC Public Health**. 2019.

KINIKLI, G. I.; KILINC, H.; CALLAGHAN, M. J.; ATILLA, B. & TOKGOZOGLU, A. M. Can depression, functional performance and kinesiophobia predict lower physical activity levels in patients with knee osteoarthritis? **Osteoarthritis and Cartilage**. 2018. https://doi.org/10.1016/j.joca.2018.02.499

LEARMONTH Y. C.; KINNETT-HOPKINS, D.; RICE, I. M.; DYSTERHEFT, J. L.; MOTL, R. W. Accelerometer output and its association with energy expenditure during manual wheelchair propulsion. **Spinal Cord**. 2016 February; 54:110–114.

MANFERDELLI, G.; LA TORRE, A. & CODELLA, R. Outdoor physical activity bears multiple benefits to health and society. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 59(5), 868–879. 2019. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08771-6

MATSUDO, S.; ARAUJO, T.; MATSUDO, V.; ANDRADE, D.; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, L. C.; BRAGGION, G. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Atividade física & saúde**, 6(2), 5-18. 2001.

MATTOS, M. G.; NEIRA, M. G. **Educação física na adolescência**: construindo o conhecimento na escola. São Paulo:, Phorte Editora, 2000.

MENEGUCI, J.; SANTOS, D. A. T.; SILVA, R. B.; SANTOS, R. G.; SASAKI, J. E.; TRIBESS, S.; VIRTUOSO, J. S. Comportamento sedentariosedentário: conceito, implicasoesimplicações fisiologicasfisiológicas e os procedimentos de avaliaçaoavaliação. **Motricidade**, 11(1), 160–174. 2015. https://doi.org/10.6063/motricidade.3178

MISSUD, D. C.; PAROT-SCHINKEL, E.; CONNAN, L.; VIELLE, B.; HUEZ, J. F. Physical activity prescription for general practice patients with cardiovascular risk factors-the PEPPER randomised controlled trial protocol. **BMC Public Health**. 2019.

ORR, K.; HOWE, H. S.; OMRAN, J.; SMITH, K. A.; PALMATEER, T. M.; MA, A. E. *et a*l. Validity of smartphone pedometer applications Public Health. **BMC Res Notes**. 2015.

OWEN, N.; HEALY, G. N.; MATTHEWS, C. E. & DUNSTAN, D. W. Too much sitting: The population health science of sedentary behavior. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. 2010. https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181e373a2

PAVAGADHI, D.; CAR, J. Pedometer-based walking interventions provide sustained increases in physical activity levels, as well as reductions in cardiovascular events and fractures **Evidence-Based Nursing** Published Online First: 15 November 2019. Doi: 10.1136/ebnurs-2019-103195.

PICERNO, P. **25 years of lower limb joint kinematics by using inertial and magnetic sensors**: A review of methodological approaches. Gait and Posture. 2017.

PINTO *et al*. Promoção da atividade física em idosas com síndrome metabólica: modelo de intervenção com pedômetros. **Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde** 2016; 21(3):600-610.

POLISSENI, M. L. C.; RIBEIRO, L. C. Exercício físico como fator de proteção para a saúde em servidores públicos. **Rev. Bras. Med. Esporte** – Vol. 20, No 5 – Set/Out, 2014 p. 340-344.

PUCIATO, D.; BORYSIUK, Z.; ROZPARA, M. Qualidade de vida e atividade física em uma população em idade ativa. **Clin Interv Aging**. 2017; 12: 1627-1634. Publicado em 4 de outubro de 2017 doi: 10.2147 / CIA.S144045.

RANTALAINEN, T.; HESKETH, K. D.; RODDA, C.; DUCKHAM, R. L. Validity of hip-worn inertial measurement unit compared to jump mat for jump height measurement in adolescents. **Scand J Med Sci Sport**. 2018.

SKOGSTAD, M.; LUNDE, L.-K.; SKARE, Ø.; MAMEN, A.; ALFONSO, J. H.; ØVSTEBØ, R. & ULVESTAD, B. **Physical activity initiated by employer and its health effects**; an eight week follow-up study. 2016. https://doi.org/10.1186/s12889-016-3035-8

STAPLETON, J. M.; POIRIER, M. P.; FLOURIS, A. D.; BOULAY, P.; SIGAL, R. J.; MALCOLM, J. *et al*. At what level of heat load are age-related impairments in the ability to dissipate heat evident in females? **PLoS One**. 2015.

TAGLIAPIETRA, L.; MODENESE, L.; CESERACCIU, E.; MAZZÀ, C.; REGGIANI, M. Validation of a model-based inverse kinematics approach based on wearable inertial sensors. **Comput Methods Biomech Biomed Engin**. 2018.

VAN DER SLIKKE, R. M. A, .; MASON, B. S, .; BERGER, M. A. M, .; GOOSEY-TOLFREY, V. L. Speed profiles in wheelchair court sports; comparison of two methods for measuring wheelchair mobility performance. **J Biomech**. 2017.

WARMS, C. A.; BELZA, B. L. **Actigraphy as a Measure of Physical Activity for Wheelchair Users With Spinal Cord Injury**: Nursing Research. 2004 March; 53:136–143.

WESTERGREN, T.; BERNTSEN, S.; LUDVIGSEN, M. S.; AAGAARD, H.; HALL, E. O. C.; OMMUNDSEN, Y.; FEGRAN, L. Relationship between physical activity level and psychosocial and socioeconomic factors and issues in children and adolescents with asthma: a scoping review. **JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports.** 2017. https://doi.org/10.11124/JBISRIR-2016-003308

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2010). **Global Recommendations on Physical Activity for Health**. Retrieved from http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component

VARIÁVEIS DE PRESCRIÇÃO DE EXERCÍCIO

Data de aceite: 06/06/2023

LUÍSA FREIRE DA SILVEIRA CASTANHEIRA

TOMÉ EDSON DOS REIS MODA

WENDERSON LENON PAIVA FARACHE

VICTOR SILVEIRA COSWIG

Introdução

Atividade Física pode ser definida como qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que resulte em gasto energético. Esses mesmos componentes estão contidos no exercício físico, porém, com o acréscimo de que o exercício físico é uma atividade planejada, estruturada, repetitiva e objetiva, buscando a manutenção ou melhoria de um ou mais componentes da aptidão física (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985). A prática regular de atividade física e exercício físico gera uma significativa redução na mortalidade prematura causada por doenças hipocinéticas, como desordem cardíaca, síndrome metabólica, diabetes mellitus tipo 2, pressão alta, depressão, demência e Alzheimer. Além disso, algumas variáveis das atividades/exercícios apresentam grande impacto sobre a mortalidade prematura (HOEGER *et al.*, 2017).

Os componentes básicos da prescrição do exercício são frequência, intensidade, tempo e tipo (ou modalidade), frequentemente referidos como princípio FITT. Os componentes do FITT constituem a dose ou quantidade de exercício necessária para melhorar a saúde, semelhante a uma intervenção farmacológica (BILLINGER *et al.*, 2014). Neste texto, abordaremos uma revisão atualizada acerca das variáveis de prescrição de treinamento utilizadas no princípio do FITT e trataremos a respeito da variável volume de treinamento, sendo que a variável Tempo será discutida em meio a outros tópicos.

Frequência

Frequência no treinamento resistido

O conceito de Frequência no

treinamento resistido (TR) por muito tempo seguiu o princípio geral para todos os modelos de treinamento, como sendo o número de sessões executadas por semana. Desse modo, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACMS) publicou algumas recomendações para nortear a prescrição do TR em que, no quesito Frequência, sugeriu-se 2–3 sessões semanais para iniciantes (4-8 semanas de experiência), 3–4 sessões semanais para intermediários (a partir de 4 semanas de experiências) e 4–5 sessões semanais para avançados (critérios do profissional) (RATAMESS *et al*., 2009; GENTIL, 2014).

Porém, recentes evidências publicadas têm utilizado um conceito diferente e mais específico para o TR, devido às suas características de prescrição. Então, a frequência passa a ser analisada como o número de sessões semanais executadas para o mesmo grupo muscular (Ex: 3 sessões semanais para flexores do cotovelo). A partir disso, mostraram-se dados importantes a respeito do efeito dessa variável nas adaptações neuromusculares e morfológicas (RALSTON *et al*., 2018; GRGIC *et al*., 2018).

Duas metanálises analisaram o impacto de treinar uma ou mais vezes por semana o mesmo grupo muscular no aumento da força dos músculos. Os principais achados mostram que os estudos que compararam diferentes frequências de treinamento com volume total equacionado não observaram diferenças no aumento da força no teste de 1RM, de modo que a frequência por si só parece não ser uma variável determinante para aumento da força muscular. Em treinos até a falha muscular concêntrica, também não observaram aumentos adicionais por se treinar mais de uma vez por semana. Todavia, maior frequência de TR pode gerar maiores ganhos de força em exercícios multiarticulares e em indivíduos jovens (RALSTON *et al*., 2018; GRGIC *et al*., 2018).

De acordo com a metanálise de Schoenfeld, Grgic e Krieger (2019), assim como para melhora da força muscular, a hipertrofia muscular parece não se alterar com diferentes frequências de TR, em sujeitos treinados, quando volume é equacionado. Contudo, em protocolos nos quais o volume aumenta concomitantemente com a frequência, treinar duas vezes por semana pode gerar maior hipertrofia se comparado a apenas um treino semanal.

Apesar dos dados apresentados serem de alta relevância, ambos os artigos citados não esclarecem satisfatoriamente o efeito nas adaptações neuromusculares e morfológicas da frequência no TR, de forma integrada com os fatores demográficos e antropométricos (sexo, nível de treinamento, idade, IMC etc.) e de prescrição (frequência, volume total, falha muscular concêntrica etc.). Para esclarecer essa lacuna, Heaselgrave *et al*. (2018), observaram maiores ganhos de hipertrofia de bíceps após treinamento com duas sessões semanais com volume equacionado ou duas sessões com volume maior, quando comparados a uma sessão semanal em indivíduos treinados. Além disso, o grupo que treinou com frequência e volume maior obteve maiores ganhos de força.

Em contrapartida, Colquhoun *et al*. (2018) analisaram o efeito do TR aplicado com frequência de 3 sessões/semana ou 6 sessões/semana na força muscular e hipertrofia de jovens treinados, com volume e intensidade equivalentes, e ambos os grupos promoveram

aumento da força e hipertrofia semelhantes.

Tratando-se de indivíduos não-treinados, Ochi *et al.* (2018) não constataram diferença na hipertrofia muscular em treinar 1 ou 3 sessões por semana com volume equivalente. No entanto, o grupo que treinou com maior frequência obteve maiores resultados na força muscular (OCHI *et al.*, 2018).

Diferentemente do modelo anterior, em que o volume foi equacionado, um grupo de pesquisadores analisou a resposta média e individual na alteração de força e hipertrofia de homens submetidos ao TR executado 2, 3 e 5 sessões/semana. Apesar de o grupo de alta frequência ter alcançado maior volume total de treino (séries x repetições x carga), não houve diferença significativa em relação à força muscular e hipertrofia. Na análise individual, alguns indivíduos apresentaram maiores ganhos de massa muscular e força após a alta frequência (5 sessões; 31,6 e 26,3% dos indivíduos, respectivamente); outros tiveram maiores ganhos com a baixa frequência (2 e 3 sessões; 36,8 e 15,8% dos indivíduos, respectivamente). O restante apresentou ganhos similares independente do grupo. Esses resultados indicam que a individualidade biológica deve ser considerada, e a prescrição, personalizada de acordo com a resposta de cada sujeito quando não-treinado (BARCELOS *et al.*, 2018; DAMAS *et al.*, 2019).

Por outro lado, Tavares *et al.* (2017) avaliaram homens não-treinados submetidos a um primeiro período de TR com 3 sessões semanais; em seguida, um segundo período em que a frequência foi reduzida para uma ou duas sessões semanais. Na análise dos dois momentos, observou-se que a redução da frequência não interferiu nos ganhos de força e hipertrofia após o período de maior frequência.

Portanto, diante dos dados discutidos, percebe-se que a análise de frequência foi revolucionada ao longo do tempo pelas Ciências do Esporte. Além disso, as recentes evidências mostram que é uma variável que pode interferir nas alterações neuromusculares e morfológicas; porém, outros fatores, como nível de treinamento, volume total, falha concêntrica, individualidade biológica etc. devem ser considerados no momento de prescrever a quantidade de sessões que serão necessárias para o aprimoramento de força e hipertrofia para cada sujeito. De modo geral, nota-se que apenas uma sessão pode ser eficiente, mas, dependendo dos fatores já citados acima, a adição de uma ou mais sessões semanais pode potencializar os resultados. Por outro lado, iniciar o treinamento com uma alta frequência e em seguida reduzir parece não reverter os ganhos alcançados anteriormente.

Frequência no treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT)

No Treinamento Aeróbico (TA), a frequência é conceituada como o número de sessões semanais executadas dentro de um programa de treinamento (BOMPA, 2001). Porém, a análise dessa variável deve ser analisada de acordo com modelo de prescrição

utilizado em determinado contexto.

Ao se tratar especificamente do HIIT em uma perspectiva clínica e terapêutica, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACMS), a partir de uma recente revisão da literatura, constatou que o HIIT em adultos, especialmente aqueles com classificação de sobrepeso e obesidade, pode melhorar marcadores de risco de doenças cardiometabólicas (sensibilidade à insulina, pressão arterial e composição corporal), comparado ao treinamento contínuo de intensidade moderada. Porém, não encontraram fortes evidências para relação de dose-resposta dos efeitos do exercícios sobre as variáveis citadas (CAMPBELL *et al*., 2019).

Todavia, recentes evidências têm contribuído para sanar essa lacuna quanto à dose-resposta ideal relacionada à frequência semanal de HIIT. Em idosos sedentários, 2 sessões por semana foram suficientes para melhorar a função endotelial, medida pela dilatação mediada pelo fluxo sanguíneo, capacidade cardiorrespiratória, potência muscular e a massa magra. Em idosos fisicamente ativos, a função endotelial que apresentava valores melhores comparados aos idosos sedentários foi mantida, e a capacidade cardiorrespiratória aumentou consideravelmente (GRACE *et al*., 2015; SCULTHORPE *et al*., 2015).

O HIIT prescrito em apenas uma sessão semanal aplicada em homens adultos com sobrepeso/obesidade foi eficiente para aumento da capacidade aeróbia, massa gorda, porcentagem de gordura corporal e circunferência da cintura (SIU *et al*., 2018). Resultados semelhantes foram percebidos na capacidade aeróbia, não apenas pela medida de consumo máximo de O^2, como também pela espessura ventricular e concentração de lactato, em adultos saudáveis com a mesma frequência de treinamento (NAKAHARA; UEDA; MIYAMOTO, 2015).

Por outro lado, Stravinou *et al*. (2019), avaliaram a saúde cardiometabólica e a qualidade de vida em 35 adultos sedentários submetidos a 8 semanas de HIIT no ciclo ergométrico com diferentes frequências. Os participantes foram aleatoriamente designados para um controle e dois grupos de treinamento, que realizaram ciclismo 2 ou 3 sessões por semana. Comparados com o controle, ambos os regimes de treinamento resultaram em melhorias semelhantes na capacidade aeróbia, circunferência da cintura, área de seção transversal da coxa e o componente físico de qualidade da saúde de vida. No entanto, 3 sessões semanais conferiram benefícios adicionais relacionados à saúde, reduzindo o percentual gordura total e do tronco, colesterol total e lipoproteína-colesterol de baixa densidade, melhorando o componente mental da qualidade de vida.

Quanto ao HIIT voltado para o desempenho, treinar com 2 ou 4 sessões semanais, com volume de treino equacionado, foi eficiente para melhorar a capacidade aeróbia e desempenho em corrida de 10 km de corredores. Porém, a maior frequência promoveu melhorias adicionais no tempo até a exaustão no teste a 90% vVO^2max, na expressão gênica e atividade enzimática (SKOVGAARD; ALMQUIST; BANGSBO, 2017). Em

treinamento com militares, segundo estudo de Dahle e Wagner (2016), não houve diferença na melhora do desempenho de corrida de 2,4km em indivíduos submetidos a frequência de 2 ou 3 sessões semanais.

Quanto à aplicação nos esportes de combate, pesquisadores compararam os efeitos de diferentes frequências do treinamento de Muay Thai, utilizando os princípios do HIIT na prescrição, na composição corporal e aptidão física de mulheres saudáveis e não treinadas que foram aleatoriamente designadas para dois grupos de treinamento: um realizava Muay Thai 2 sessões semanais, enquanto outro realizava o mesmo programa três vezes por semana. Ambos os grupos melhoraram significativamente em todas as variáveis medidas de aptidão física, sem alterações significativas na composição corporal (RAPKIEWICZ, 2017).

O HIIT permite várias formas de aplicação, porém algumas ainda precisam de suporte teórico-científico quando se trata de treinamento baseado em evidências. Machado *et al*. (2017), a partir de uma revisão da literatura sobre HIIT utilizado apenas com movimentos calistênicos, sugerem uma frequência para o HIIT com peso corporal de 2 a 5 dias por semana, baseando-se no nível de treinamento do praticante. Quanto menor o nível de treinamento, menor a frequência semanal e vice-versa.

Portanto, nota-se que o HIIT tem um impacto positivo em marcadores de saúde e desempenho tanto em jovens saudáveis e/ou atletas, quanto em públicos especiais. Além disso, os pesquisadores têm mostrado tais efeitos a partir de uma frequência semanal consideravelmente baixa, fator que favorece a aplicabilidade desse modelo, que pode ser sua principal virtude. Contudo, necessita-se de novas pesquisas a fim de aprimorar o entendimento sobre o impacto da frequência de treinamento e os efeitos de dose-resposta, associando-os com outras variáveis como volume e intensidade.

Relação frequência: duração em treinamento contínuo de moderada intensidade (MICT)

No MICT, a frequência é conceituada como o número de sessões semanais executadas dentro de um programa de treinamento, enquanto a duração é o tempo gasto em cada sessão realizada (BOMPA, 2001). A partir disso, recomendações para prescrição de MICT propostas pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) e amplamente aplicadas no contexto clínico e social preconizam uma frequência de 3 a ≥5, ajustada de acordo com a duração, que varia entre ≥150 minutos/semana (min/sem) de intensidade moderada, ou 75 de intensidade vigorosa. Por exemplo, 150 min/sem equivale em torno de 5 sessões com duração de 30 min/semana. Essas instruções foram direcionadas tanto para manutenção da saúde, quanto para prevenção e tratamento de doenças crônicas como câncer, diabetes tipo 2, hipertensão arterial etc. (ACSM *et al*., 2011; DONNELY *et al*., 2009; WOLIN *et al*., 2012).

Seguindo essa abordagem, pesquisas recentes têm estudado frequência e duração

de forma relacionada, com intuito de caracterizar diferentes protocolos de prescrição, como doses de MICT e o seu efeito em biomarcadores de saúde, como de Brown *et al.* (2016), em que mulheres pós-menopausa com alto risco de câncer de mama foram submetidas a 5 meses de MICT na esteira, divididas aleatoriamente com diferentes doses: Baixa 150 minutos/semana, Alta (300 min/sem) e Controle (sem-exercício). Após a intervenção, ambos os grupos de treinamento mostraram importante redução da gordura corporal e indicadores de crescimento tumoral, sem diferença entre as dosagens de exercício. Paralelamente a esses achados, o mesmo autor sugere, a partir de outras evidências, que a cada aumento de 60 min/sem de MICT para mulheres com câncer (2 sessões/semana de 30 min), é prevista uma redução de 2,7 cm2 no tecido adiposo visceral (BROWN *et al.*, 2017).

Em relação à Pressão Arterial (PA), uma importante metanálise, que reuniu aproximadamente 2 mil indivíduos, mostrou que o TA, de forma geral, promove reduções significativas (pressão arterial sistólica: -4,7 mmHg; pressão arterial diastólica: -3,2 mmHg). Porém, os estudos que seguiram dose de MICT recomendada pela ACSM (150 min/sem ou 3 sessões semanais por 30 min) alcançaram uma redução da pressão arterial sistólica significativamente maior do que estudos que não atendiam essas diretrizes (IGARASHI; AKAZAWA; MAEDA, 2018). Por outro lado, na análise do impacto do MICT nos efeitos deletérios do envelhecimento em mulheres pós-menopausa, doses maiores (300 min/sem) parecem conseguir gerar uma maior retardação do declínio da densidade mineral óssea (MCNEIL *et al.*, 2017).

Em obesos mórbidos, o MICT aplicado após cirurgia de Bypass para redução da adiposidade proporcionou melhores resultados de redução de massa gorda total e gordura abdominal subcutânea com maiores doses (~280min/semana). Contudo, cerca de 130 min/sem foram suficientes para melhorar a sensibilidade à insulina (SI) (WOODLIEF *et al.*, 2017). Quanto a indivíduos com Diabetes Tipo 2, a metanálise de Way *et al.* (2016) mostra que o MICT realizado 3 dias por semana com sessões de 25 a 60 minutos (75-180 min/sem) é eficiente para melhora da SI.

Enfim, nota-se que o TA tem mostrado importantes avanços em uma perspectiva terapêutica e profilática nos últimos anos quando se trata de MICT. Segundo Schnohr *et al.* (2015), 60 a 150min/semana de corrida, com uma frequência de 2 a 3 vezes por semana, é favorável para reduzir a mortalidade comparando-se a indivíduos sedentários. Portanto, de modo geral, as recentes evidências sustentam a eficácia das diretrizes da ACSM para efeitos em fatores protetivos e clínicos tanto em indivíduos saudáveis, quanto em indivíduos com patologias crônicas. Além disso, alguns estudos importantes permitem ampliar o entendimento da prescrição específica de MICT para diferentes contextos e objetivos.

Intensidade

A intensidade do exercício físico é uma peça-chave para a manipulação de um programa de treinamento, seja ela buscando um melhor desempenho das aptidões físicas

ou visando a adaptações fisiológicas, que melhorem a saúde e aptidão física (ACSM, 2009).

Intensidade no treinamento resistido

No TR, a intensidade pode ser manipulada de formas variadas para promover adaptações morfológicas e neuromusculares. Quando se altera essa variável, na perspectiva da carga absoluta imposta no exercício para gerar hipertrofia, as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte se concentravam entre 70-85% de 1 Repetição Máxima (RM) (RATAMESS *et al.*, 2009). Porém, recentes evidências quebraram esse paradigma, mostrando que cargas significativamente inferiores e superiores ao limiar recomendado, sendo executadas até a fadiga ou falha muscular concêntrica, induzem a um aumento de massa muscular (SCHOENFELD *et al.*, 2013; SCHOENFELD *et al.*, 2016; FINK *et al.*, 2016). Em contrapartida, para a melhora da força muscular, a utilização de cargas mais próximas dos valores de 1RM é mais eficiente (SCHOENFELD *et al.*, 2017).

Em indicadores de saúde, segundo Vatani *et al.* (2011), tanto intensidades moderadas (45-55% 1RM) quanto altas intensidades (80-90% 1RM) de TR são eficientes para melhora de variáveis de risco cardiovascular e marcadores inflamatórios.

Em relação a outras formas de manipulação de intensidade, a falha muscular concêntrica pode ser uma variável de monitoramento de alta intensidade de TR, mas não há comprovações consistentes de que há necessidade de manter o treinamento nesse limiar para garantir aprimoramentos de força e hipertrofia (DAVIES *et al.*, 2016). Ao se tratar da duração de uma repetição dinâmica (excêntrica + concêntrica) para alterar a intensidade dentro de um programa de TR, 0,5 a 8 segundos mostram ser eficientes para melhora da hipertrofia. Acima disso, não há evidências sustentáveis (SCHOENFELD, OGBORN; KRIEGER, 2015).

Intensidade no treinamento aeróbico

Intensidade baixa	40<55% da FCmax
Intensidade moderada	55<70% da FCmax
Intensidade vigorosa	70<90% da FCmax
Intensidade alta	>90% da FCmax

Quadro 1: Intensidades de Treinamento Aeróbio com base da frequência cardíaca máxima (FCmax). (NORTON; NORTON; SADGROVE, 2010).

Em relação ao TA, segundo Pitanga *et al.* (2018), quanto maior a intensidade do exercício físico, maiores são os benefícios à saúde cardiorrespiratória. Uma forma de treinamento que possibilita a execução de exercícios em alta intensidade por maior período e, assim, acarretando maiores benefícios à saúde é o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade HIIT, o qual consiste na alternância de períodos de exercícios de alta intensidade com períodos de descanso (KILPATRICK; JUNG; LITTLE, 2014).

Em estudos que comparavam os efeitos do HIIT e Treinamento Moderado Contínuo (MCIT), aquele promoveu maiores adaptações cardiometabólicas benéficas à saúde (HANNAN *et al*., 2018; BATACAN *et al*., 2017). Porém, quando comparados o MCIT e HIIT e seus benefícios para adultos com o diabetes mellitus tipo 2, não houve diferença significativa (HWANG *et al*., 2019). Embora a prática regular de exercícios traga benefícios aos indicadores antropométricos e bioquímicos de risco cardiovascular relacionados à qualidade de vida (SILVA *et al*., 2019), um programa de exercícios com sessões de treinamento em alta intensidade mostra-se uma interessante estratégia na promoção da saúde.

Tipos de exercício físico

Este tópico refere-se aos principais tipos de exercício físico. Dentre eles, destacam-se o Exercício de Resistência ou Treinamento Resistido (TR) e o Treinamento Aeróbico (TA), podendo ser contínuo ou intervalado. Por terem características mecânicas diferentes, os efeitos agudos produzidos por cada tipo de exercício físico também são distintos (CAL ABAD *et al*., 2010).

O TR ocorre com a execução de exercícios contra a resistência, caracterizado pela realização de contrações musculares graduais e progressivas (FLECK; SIMÃO, 2008). Esse tipo de treinamento tem demonstrado consistentemente ser uma estratégia importante para o tratamento e prevenção de uma ampla gama de doenças (FIGUEIREDO; SALLES; TRAJANO, 2018), como doenças cardiovasculares, osteopatia, diabetes e sarcopenia (WESTCOTT, 2012). Figueiredo, Salles e Trajano (2018) acreditam que quanto maior o tempo gasto no treinamento resistido, menor o risco de diabetes mellitus tipo 2. A obesidade também é uma doença patológica crônica que tende a evoluir para a aterosclerose (SANTARÉM, 2012). No entanto, este mesmo trabalho acredita que no TR as contrações musculares promovem a produção de substâncias denominadas miocinas, que agem com um efeito anti-inflamatório no corpo, oferecendo proteção contra tais doenças, tendo ainda o intuito de fortalecer os músculos esqueléticos e, assim, diminuir o risco de lesões por impacto, bem como aumentar o gasto calórico (LIBERALI; VO, 2008).

Em relação ao TA, este pode ser contínuo ou intervalado, podendo consistir em caminhada no solo, treinamento em esteira (com ou sem suporte ao peso corporal), ciclismo, natação e outros (BILLINGER *et al*., 2014).

Esse tipo de exercício físico induz o aumento na capacidade oxidativa muscular, pelo aumento na atividade de enzimas chaves da beta-oxidação, via metabólica específica de oxidação dos ácidos graxos, além de sinalizar e aumentar a velocidade de outras vias metabólicas do metabolismo oxidativo de ressíntese de ATP, tais como o ciclo de Krebs e da cadeia respiratória mitocondrial (MOREIRA *et al*., 2008).

O Treinamento Aeróbico Contínuo baseia-se em exercícios tipicamente aeróbicos -

ou cíclicos - de longa duração e intensidades baixas, moderadas ou altas, variando entre 50 e 85% do VO2máx, em ritmo constante, os quais provocam um melhor transporte de oxigênio até o nível celular, promovendo a resistência aeróbia (WILMORE; COSTILL, 1988).

Enquanto isso, o Treinamento Aeróbico Intervalado possui sequências de esforços seguidos por pausas de recuperação. O Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT), revisto por Sultana *et al*. (2019), foi recentemente promovido na prática, na mídia científica e na mídia leiga como uma forma eficaz e eficiente de exercício para perda de adiposidade. Este consiste em períodos curtos e repetidos, variando entre 60 e 240 segundos de esforços de alta intensidade, realizados em intensidades máximas ou submáximas entre 80 e 100% da Captação Máxima de Oxigênio (VO2máx) (SULTANA *et al*., 2019). O HIIT é, portanto, considerado uma opção atraente e eficiente em termos de tempo para alcançar benefícios à saúde relacionados ao exercício (GIBALA; MCGEE, 2008).

Comparando os dois tipos de treinamentos em situações patológicas, autores destacam pontos importantes. Na análise metabólica e cardiovascular, América *et al*. (2017) propuseram um programa de treinamento associando TA e TR durante um período de 13 semanas ininterruptas, com intensidade de moderada a alta, e observou redução na pressão arterial sistólica e na pressão arterial diastólica. Adicionalmente, o programa promoveu uma redução da frequência cardíaca de repouso, além de ter apresentado uma tendência na redução da glicose sanguínea em idosas, corroborando o estudo de Nogueira *et al*. (2019), que constatou que essa combinação de treinamentos reduz significativamente a pressão arterial e frequência cardíaca de repouso, sendo superior à realização das modalidades de forma isolada. Além disso, as idosas apresentaram melhores resultados em relação à densidade mineral óssea, massa magra e massa gorda em comparação ao TA (MARQUES *et al*., 2011; KIM; MOON; JIN, 2016).

Recentes metanálises apontam que o HIIT é superior ao MICT na melhora da capacidade cardiorrespiratória e ambos diminuem a adiposidade na mesma proporção, contudo, o tempo gasto por sessão de HIIT é consideravelmente menor (WEWEGE *et al*., 2017; CAO; QUAN; ZHUANG, 2019).

Outro estudo semelhante também averiguou a combinação dos dois tipos de treinamentos em idosos, sendo esses realizados apenas duas vezes por semana, e percebeu-se que essa é uma estratégia eficiente para a redução dos riscos de doenças coronarianas e cardiovasculares, em curtos e médios prazos (LOCKS *et al*., 2012).

Em conclusão, os dois tipos de exercício trazem benefícios a seus praticantes, no entanto a combinação deles parece trazer benefícios ainda melhores se prescrita da forma correta.

Volume

O volume de treinamento resistido é comumente descrito como o produto do número de repetições, número de séries e carga de intensidade, embora existam outras formas

de representar volume ou trabalho total (MCBRIDE *et al*., 2009), sendo essa uma variável determinante que afeta a hipertrofia muscular e os resultados de saúde (FIGUEIREDO *et al*., 2018). Para os autores, o volume é considerado como qualquer fator que pode aumentar o trabalho total realizado em um programa de treinamento.

Volume no treinamento aeróbico

No Treinamento Aeróbico, Sultana *et al*. (2019) observaram que as abordagens de HIIT de baixo volume (≤500 MET min/semana) ou Treinamento Intervalado de Sprints (SIT) podem provocar melhorias na aptidão cardiorrespiratória, sensibilidade à insulina e, em alguns casos, induzir melhorias semelhantes ou até superiores ao Treinamento Contínuo de Intensidade Moderada (MICT) tradicional ou ao HIIT de volume mais alto (equivalente a ≥ 1000 MET-min / semana).

A metanálise desses autores amplia a evidência de que intervenções de HIIT de baixo volume são eficazes para melhorar a aptidão cardiorrespiratória e que a magnitude da melhoria é semelhante ou superior à do Treinamento Contínuo de Intensidade Moderada, apesar de exigir menor gasto de energia e volume.

Portanto, há um crescente corpo de evidências de que o HIIT de baixo volume pode ser utilizado em populações saudáveis e insalubres, em uma ampla faixa etária, para melhorar o condicionamento físico. Esse benefício parece refletir particularmente adaptações de corpo inteiro e periféricas.

Volume no treinamento resistido

Em relação ao Treinamento Resistido (TR), a otimização dos resultados produzidos a partir de um programa de treinamento resistido depende da manipulação de muitas variáveis, entre elas o volume de treinamento, o qual tem sido um dos mais debatidos (BARBALHO *et al*., 2019).

Alguns autores sugeriram que um volume maior de TR, que causa maior estresse metabólico, parece ser mais eficaz do que baixo volume para induzir ganhos de força corporal menores em adultos mais velhos (RADAELLI *et al*., 2014). Marques *et al*. (2019) perceberam que o protocolo de TR de alto volume induziu uma resposta aguda maior em idosos nos parâmetros hemodinâmicos e metabólicos, bem como no desempenho neuromuscular após o treinamento.

Porém, um protocolo de TR de baixo volume pode resultar em menor magnitude da resposta aguda em variáveis hemodinâmicas e metabólicas e, ao mesmo tempo, permite a melhora da força geral, determinante para pessoas idosas (MARQUES *et al*., 2019). Figueiredo *et al.* (2018) propõem o treinamento resistido de alto volume para prevenir e controlar a sarcopenia em idosos. É provável que, nessa população, o volume de treinamento seja a variável mais facilmente modificável que afeta a manutenção e o

crescimento da massa muscular.

Recentemente, dados de estudos parecem apoiar uma relação linear sugerindo que volumes mais altos podem ser necessários para otimizar adaptações, enquanto outros sugerem pouca influência do volume, ou mesmo que exceder uma certa quantidade dele pode ser prejudicial à força muscular e composição corporal (BARBALHO *et al*., 2019). Uma crítica frequente aos protocolos de treinamento de resistência de alto volume é que eles são propensos a treinar demais e podem ser prejudiciais (FIGUEIREDO *et al*., 2018).

Barbalho *et al*. (2018) relataram que mulheres treinadas apresentaram aumento do tamanho do músculo ao realizar 5 ou 10 séries por grupo muscular por semana, enquanto volumes de 15 e 20 séries produziram respostas menores em força muscular e hipertrofia.

De acordo com Barbalho *et al*. (2019), 10 séries por semana podem constituir um limiar para otimizar a adaptação, mas volumes mais baixos também podem fornecer resultados semelhantes. No entanto, a maioria dos defensores do treinamento de menor volume sugere que os exercícios devem ser realizados com maior intensidade de esforço ou falha momentânea (STEELE *et al*., 2017).

Os mesmos autores acreditam que volumes mais baixos podem resultar em maiores mudanças ao longo do tempo, pois um volume mais alto pode resultar em *overtraining* após as 12 semanas iniciais. Já Lacome *et al*. (2019) creem que um volume baixo é provavelmente tão eficaz quanto um treinamento de alto volume, mas provavelmente mais fácil de implementar em uma equipe de jogadores de futebol. No caso de corredores de rua, volumes de treinamento maiores podem aumentar a incidência de lesões, exceto em atletas mais experientes e altamente adaptados a esse esporte (RIOS *et al*., 2017).

Em suma, o volume do treinamento resistido é um forte contribuinte para as adaptações musculares, com efeitos dependentes da dose. Quando equacionado, parece ser um dos fatores, senão o mais importante, que afetam a hipertrofia muscular, desde que o treinamento tenha intensidade suficiente (FIGUEIREDO *et al*., 2018). Então, de acordo com alguns estudos recentes apontados acima, os treinamentos de baixo volume e alta intensidade são talvez mais eficazes ou tão eficazes quanto os de alto volume para o Treinamento Resistido e Treinamento Aeróbico.

Conclusão

De modo geral, a análise da frequência indica que uma sessão pode ser eficiente, porém a adição de duas ou mais sessões semanais pode potencializar os resultados. Contudo, necessita-se de novas pesquisas a fim de aprimorar o entendimento sobre os efeitos de dose-resposta, associando-os com outras variáveis como volume e intensidade. Em relação à intensidade, programas de exercícios com sessões de treinamento de alta intensidade mostram-se como uma interessante estratégia na promoção da saúde. Enquanto, de acordo com alguns estudos recentes apontados neste capítulo, treinamentos

de baixo volume e alta intensidade sejam talvez mais eficazes ou tão eficazes quanto os de alto volume para o Treinamento Resistido e Treinamento Aeróbico.

Em conclusão, diante dos dados discutidos, percebe-se que as variáveis de treinamento são postos-chave para uma boa e correta prescrição de exercícios. No mais, os tipos de exercício trazem benefícios a seus praticantes, no entanto a correta prescrição e manipulação das variáveis de prescrição irão potencializar os resultados dos praticantes.

Referências

ABAD, C. *et al*. Efeito do exercício aeróbico e resistido no controle autonômico e nas variáveis hemodinâmicas de jovens saudáveis. **Revista Brasileira de Educação Física e Esportes**. v.24, n.4, p.535-44, 2010.

AMÉRICA, S. *et al*. Influência do Treinamento Aeróbico e Resistido sobre os parâmetros Metabólicos e Cardiovasculares de mulheres idosas. **Pensar a Prática**, v. 20, n. 2, p. 349–364, 2017.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE *et al*. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, 2011.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 9 ed. New York: Williams & Wilkins, 2014.

BARBALHO, M. *et al*. Evidence for an Upper Threshold for Resistance Training Volume in Trained Women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 2018.

BARBALHO, M. *et al*. Evidence of A Ceiling Effect For Training Volume In Muscle Hypertrophy And Strength In Trained Men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. Supplement, p. 44, 2019.

BARCELOS, C. *et al*. High-frequency resistance training does not promote greater muscular adaptations compared to low frequencies in young untrained men. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 8, p. 1077–1082, 2018.

BATACAN, R. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. **Sports Medicine**. n.51, p.494–503, 2017.

BILLINGER, S. A. *et al*. Does Aerobic Exercise and the FITT Principle Fit into Stroke Recovery? **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v. 15, n. 2, p. 1–8, 2014.

BOMPA, T. **Periodização No Treinamento Esportivo**. Barueri – SP: Editora Manole Ltda, 2001.

BROWN, J. C. *et al*. Dose-response effects of aerobic exercise on body composition among colon cancer survivors: A randomised controlled trial. **British Journal of Cancer**, v. 117, n. 11, p. 1614–1620, 2017.

BROWN, Justin C. *et al*. The Dose–Response Effects of Aerobic Exercise on Body Composition and Breast Tissue among Women at High Risk for Breast Cancer: A Randomized Trial. **Cancer Prevention Research**, v. 9, n. 7, p. 581-588, 2016.

CAMPBELL, Wayne W. *et al*. High-intensity interval training for cardiometabolic disease prevention. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 6, p. 1220-1226, 2019.

CAO, Meng; QUAN, Minghui; ZHUANG, Jie. Effect of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 9, p. 1533, 2019.

CASPERSEN, C.; POWELL, K.; CHRISTENSON, G. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for Health-related research. **Public Health Reports**. v. 100, n. 2, 1985.

COLQUHOUN, R. J. *et al*. Training volume, not frequency, indicative of maximal strength adaptations to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1207–1213, 2018.

DAHLE, J.; WAGNER, D. Effects of High Intensity Interval Training Frequency on 1.5 Mile Run Times in Air Force Cadets. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 49, p. 616, 2017.

DAMAS, F. *et al*. Individual Muscle Hypertrophy and Strength Responses to High vs. Low Resistance Training Frequencies. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 4, p. 897–901, 2019.

DAVIES, Tim *et al*. Effect of training leading to repetition failure on muscular strength: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 46, n. 4, p. 487-502, 2016.

DONNELLY, J. *et al*. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 2, p. 459-471, 2009.

FIGUEIREDO, V. *et al*. Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 499–505, 2018.

FINK, J. *et al*. Impact of high versus low fixed loads and non-linear training loads on muscle hypertrophy, strength and force development. **Springerplus**, v. 5, n. 1, p. 698, 2016.

FLECK, S.; SIMÃO, R. **Força**: princípios metodológicos para o treinamento. São Paulo: Phorte, 2008, p. 254.

GENTIL, P. **Bases científicas do treinamento de hipertrofia**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Sprint, 2014.

GIBALA, M; MCGEE, S. Metabolic adaptations to short-term high intensity interval training: a little pain for a lot of gain? **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v.36, n 2, 2008 p. 58–63.

GRACE, F. M. *et al*. Age related vascular endothelial function following lifelong sedentariness: Positive impact of cardiovascular conditioning without further improvement following low frequency high intensity interval training. **Physiological Reports**, v. 3, n. 1, p. 1–13, 2015.

GRGIC, J. *et al*. Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 5, p. 1207–1220, 2018.

HANNAN, A. *et al*. High-intensity interval training versus moderate intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Medicine**, v. 18, p. 1-17, 2018.

HEASELGRAVE, S. *et al*. Dose-Response Relationship of Weekly Resistance-Training Volume and Frequency on Muscular Adaptations in Trained Men. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 3, p. 360-368, 2019.

HOEGER, W. *et al*. **Lifetime physical fitness and wellness**: A personalized program. 15. Ed. Boston. Cengage Learning, 2017.

HWANG, C. *et al*. Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**. n.116, p. 46–53, 2019.

IGARASHI, Y.; AKAZAWA, N.; MAEDA, S. Regular aerobic exercise and blood pressure in East Asians: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 40, n. 4, p. 378–389, 2018.

KILPATRICK, M.; JUNG, M.; LITTLE, J. High-intensity interval training: A review of physiological and psychological responses. **ACSM's Health Fitness Journal**. v. 18, p 11-16, 2014.

LACOME, M. *et al*. Hamstring eccentric strengthening program: Does training volume matter? **International Journal of Sports Physiology and Performance**. 2019.

LIBERALI, R. *et al*. O treinamento de resistência muscular localizada como intervenção no emagrecimento. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, p. 34–43, 2008.

LOCKS, R. R. *et al*. Efeitos do treinamento aeróbio e resistido nas respostas cardiovasculares de idosos ativos. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 3, p. 541–550, 2012.

MACHADO, A. *et al*. High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 39, n. 6, p. 378-383, 2019.

MARQUES, D. *et al*. Acute effects of low and high-volume resistance training on hemodynamic, metabolic and neuromuscular parameters in older adults. **Experimental Gerontology**. 2019.

MCBRIDE, J. *et al*. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23, p. 106–10, 2009.

MCNEIL, J. *et al*. Dose-response effects of aerobic exercise on energy compensation in postmenopausal women: Combined results from two randomized controlled trials. **International Journal of Obesity**, v. 41, n. 8, p. 1196–1202, 2017.

MOREIRA, M. *et al.* Efeitos do Exercício Aeróbico e Anaeróbico em Variáveis de Risco Cardíaco em Adultos com Sobrepeso. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. v. 4, n. 91, p. 219-226, 2008.

NAKAHARA, H.; UEDA, S. Y.; MIYAMOTO, T. Low-frequency severe intensity interval training improves cardiorespiratory functions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 4, p. 789–798, 2015.

NOGUEIRA, I. C. *et al*. Efeitos do exercício físico no controle da hipertensão arterial em idosos: **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2019.

NORTON, K.; NORTON, L.; SADGROVE. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, p. 496-502, 2010.

OCHI, E. *et al*. Higher training frequency is important for gaining muscular strength under volume-matched training. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. Jul, p. 1–8, 2018.

PITANGA, F. *et al*. Atividade física no tempo livre, porém não Atividade Física no deslocamento, está associada com risco cardiovascular em participantes do ELSA-Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 110, n. 1, p. 36-43, 2018.

RADAELLI, R. *et al*. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v 29. n 5. p. 1349–1358, 2015.

RALSTON, G. W. *et al*. Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 4, n. 1, 2018.

RAPKIEWICZ, J. A. *et al*. Effects of Muay Thai training frequency on body composition and physical fitness in healthy untrained women. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 58, n. 12, p. 1808-1814, 2018.

RATAMESS, Nicolas A. *et al*. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

RIOS, E. *et al*. Influência do volume semanal e do treinamento resistido sobre a incidência de lesão em corredores de rua. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFEX)**, v. 11, n. 64, p. 104–109, 2017.

SANTARÉM, J. M. **Musculação em todas as idades**. [s.l: s.n.].

SCHNOHR, Peter *et al*. Dose of jogging and long-term mortality: the Copenhagen City Heart Study. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 65, n. 5, p. 411-419, 2015.

SCHOENFELD, B. J.; GRGIC, J.; KRIEGER, J. How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 11, p. 1286–1295, 2019.

SCHOENFELD, Brad J. *et al*. Differential effects of heavy versus moderate loads on measures of strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of sports science & medicine**, v. 15, n. 4, p. 715, 2016.

SCHOENFELD, Brad J. *et al*. Strength and hypertrophy adaptations between low-vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3508-3523, 2017.

SCHOENFELD, Brad J. Is there a minimum intensity threshold for resistance training-induced hypertrophic adaptations? **Sports Medicine**, v. 43, n. 12, p. 1279-1288, 2013.

SCHOENFELD, Brad J.; OGBORN, Dan I.; KRIEGER, James W. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 4, p. 577-585, 2015.

SCULTHORPE, N.; HERBERT, P.; GRACE, F. M. Low-frequency high-intensity interval training is an effective method to improve muscle power in lifelong sedentary aging men: A randomized controlled trial. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 63, n. 11, p. 2412–2413, 2015.

SILVA, L. *et al*. Efeito do exercício físico combinado sobre indicadores antropométricos e bioquímicos de risco cardiometabólico em estudantes universitárias. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo. v. 13, n. 77, p. 45-53, 2019.

SKOVGAARD, C.; ALMQUIST, N. W.; BANGSBO, J. Effect of increased and maintained frequency of speed endurance training on performance and muscle adaptations in runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 1, p. 48–59, 2017.

STAVRINOU, P. S. *et al*. High-intensity Interval Training Frequency: Cardiometabolic Effects and Quality of Life. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 3, p. 210–217, 2018.

STEELE, J. *et al*. The effects of 6 months of progressive high effort resistance training methods upon strength, body composition, function, and wellbeing of elderly adults. **Biomed Research International**. 2017.

SULTANA, R. N. *et al*. The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. Springer **International Publishing**, 2019.

TAVARES, L. D. *et al*. Effects of different strength training frequencies during reduced training period on strength and muscle cross-sectional area. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 6, p. 665–672, 2017.

VATANI *et al*. Changes in cardiovascular risk factors and inflammatory markers of young, healthy, men after six weeks of moderate or high intensity resistance training. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 51, n. 4, p. 695-700, 2011.

WAY, Kimberley L. *et al*. The effect of regular exercise on insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. **Diabetes & metabolism Journal**, v. 40, n. 4, p. 253-271, 2016.

WESTCOTT, W. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Current Sports Medicine Reports**. v. 11, p. 209–16, 2012.

WEWEGE, M. *et al.* The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 18, n. 6, p. 635-646, 2017.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Training for sporting and activity**. Brown Publishers. Dubuque, IA. 1988.

WOLIN, Kathleen Y. *et al*. Implementing the exercise guidelines for cancer survivors. **The Journal of supportive oncology**, v. 10, n. 5, p. 171, 2012.

WOODLIEF, Tracey L. *et al*. Dose response of exercise training following roux-en-Y gastric bypass surgery: A randomized trial. **Obesity**, v. 23, n. 12, p. 2454-2461, 2015.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

Data de aceite: 06/06/2023

SOANY DE JESUS VALENTE CRUZ

WILLIAM RAFAEL ALMEIDA MORAES

VANDELMA LOPES DE CASTRO

CLARA NARCISA SILVA ALMEIDA

BRENO CALDAS RIBEIRO

LAURA MARIA TOMAZI NEVES

Introdução

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) é a capacidade dos sistemas circulatório e respiratório em fornecer oxigênio para produção energética durante a atividade física sustentada (PEPERA *et al*., 2022). A ACR está bem estabelecida na literatura como uma variável essencial para rastreios de saúde, sendo uma ferramenta útil para prognóstico e diagnóstico. Além de predizer a mortalidade por todas as causas, a baixa ACR é um preditor estabelecido de mortalidade por câncer, depressão e síndrome metabólica (WILLIS *et al*., 2018; EADES *et al*., 2021). Entre os fatores de risco para doenças cardiovasculares (DCV), a ACR baixa foi o preditor mais poderoso de morbidade (AL-MALLAH; SAKR; AL-QUNAIBET *et al*., 2018).

A ACR está significativamente correlacionada com medidas de função pulmonar (BENCK *et al*., 2018), Cardiovascular (BHELLA *et al*., 2014), musculoesquelética (TRAPPE *et al*., 2013) e metabólica (EARNEST *et al*., 2013). Dessa forma, uma quantificação e interpretação adequadas da ACR é importante para fornecer parâmetros para a prescrição e preparação de programas de exercícios, além de fornecer informações sobre a tolerância reduzida ao exercício sob várias condições patológicas. A ACR é geralmente medida por meio de testes ergométricos em esteira ou cicloergômetro e muitas vezes é expressa como consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) (ZEIHER *et al*., 2019).

Xiang *et al*. (2022) classifica a avaliação da ACR feita pela medida do $VO_{2máx,}$ como a mais confiável e válida, pois o VO2máx reflete a capacidade aeróbica e

a função cardiorrespiratória máxima. Sendo assim, uma menor ACR estaria relacionada a uma menor capacidade de realizar atividades do cotidiano.

Para a avaliação da ACR, comumente se utilizam testes em esteiras, cicloergômetros, degraus/bancos e testes em campo. Desse modo, o exercício realizado depende da configuração, do equipamento disponível e do treinamento do pessoal envolvido. Além disso, para indivíduos considerados com alto risco de saúde recomenda-se supervisão médica, independentemente do método testado (HERDY; SERRA, 2016). O teste de exercício aeróbico fornece informações valiosas de diagnóstico e prognóstico, serve como importante indicador de eficácia terapêutica e permite prescrição individualizada de exercícios (ARENA; CAHALIN, 2014).

Neste capítulo, o leitor conhecerá os principais testes de ACR utilizando ergômetros e em campo, incluindo sua validade científica, vantagens e desvantagens, e seus métodos de aplicação.

Testes em Ciclo Ergômetro

Os cicloergômetros são uma opção viável para testes submáximos e máximos. As vantagens desse modo de equipamento é que são relativamente baratos, facilmente transportáveis, ocupam pouco espaço, apresentam maior facilidade na obtenção de medições de Pressão Arterial (PA) e eletrocardiograma (ECG), fornecem uma modalidade de teste sem carga, na qual as taxas de trabalho são facilmente ajustadas em pequenos incrementos (PESCATELLO, 2014).

A principal desvantagem é que o ciclismo estacionário é um método de exercício desconhecido para muitos indivíduos e é altamente dependente da motivação do paciente. Assim, o teste pode resultar em fadiga muscular localizada antes que um desfecho cardiopulmonar seja alcançado com risco maior de subestimação do $VO_{2máx}$ (HAMBRECHT, 1992).

O cicloergômetro deve ser calibrado e o sujeito deve manter a frequência de pedalada adequada, pois a maioria dos testes exige que a Frequência Cardíaca (FC) seja medida em frequências de trabalho específicas. Os cicloergômetros eletrônicos podem fornecer a mesma taxa de trabalho em uma variedade de taxas de pedal, mas a calibração pode exigir equipamentos especiais não disponíveis na maioria dos laboratórios. Alguns ciclos de condicionamento eletrônico não podem ser calibrados e não devem ser usados para testes (PESCATELLO *et al.*, 2014).

Protocolo em cicloergômetro de Åstrand-Ryhming

Uma das técnicas de testes de submáximo mais usadas é o protocolo de Åstrand-Ryhming. Trata-se de um protocolo amplamente usado para mesurar o VO2max. É um

teste de fase única que dura 6 minutos, e a taxa de trabalho sugerida é selecionada de acordo com o sexo e estado individual de atividade do testado (ÅSTRAND; RYHMING, 1954).

Método de aplicação

A taxa de trabalho sugerida é baseada no sexo e no status de condicionamento físico (Tabela 1).

População	**Cargas Iniciais Possíveis**
Homens não condicionados	300 ou 600 kgm/minuto (50 - 100 watts)
Homens condicionados	600 ou 900 kgm/min (100 - 150 watts)
Mulheres condicionadas	450 ou 600 kgm/min (75 - 100 watts)
Mulheres não condicionadas	300 ou 450 kgm/min (50 - 75 watts)

Tabela 1: Carga de trabalho de acordo com a população.

Fonte: Adaptado de American College of Sports Medicine (2014).

No protocolo de Åstrand-Ryhming, o avaliado deve pedalar durante 6 minutos com velocidade de 50 rotações por minuto; registra-se a FC do 5º e 6º minutos, e obtém-se o valor médio. O objetivo é obter valores de FC entre 125 e 170 batimentos cardíacos por minuto (BPM). A média das duas medidas de FC é então usada para estimar $VO_{2máx}$ a partir de um nomograma (Figura 1). Esse valor deve, em seguida, ser ajustado pela idade, pois a Frequência cardíaca máxima (FCmax) diminui com a idade, por meio da multiplicação do valor de $VO_{2máx}$ pelos fatores de correção (Tabela 2).

Idade	**Fator de Correção**
15	1.10
25	1.00
35	0.87
40	0.83
45	0.78
50	0.75
55	0.71
60	0.68
65	0.65

Tabela 2: Fatores de correção para o $VO_{2máx}$ de acordo com a idade

Fonte: Adaptado de American College of Sports Medicine (2014).

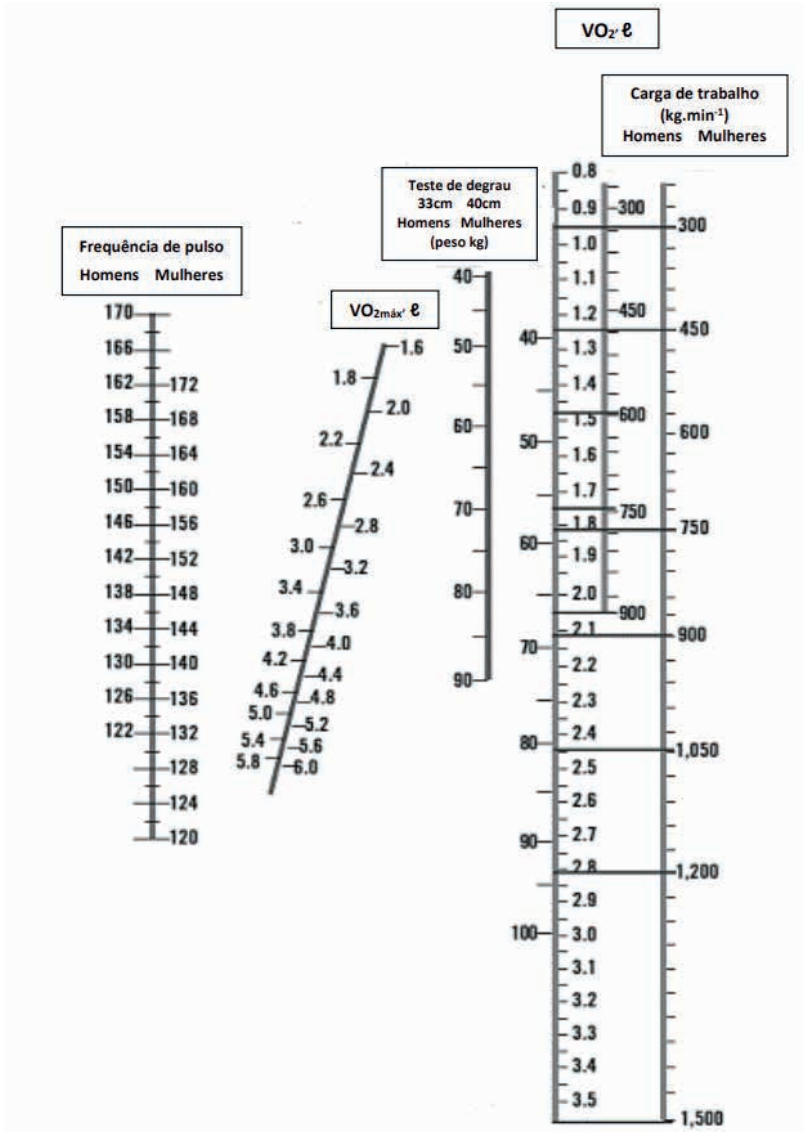


Figura 1 - Nomograma de Åstrand-Ryhming Modificado, para estimativa de $VO_{2máx}$

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. Journal of Applied Physiology, 7, 218–221.

Protocolo YMCA

O protocolo YMCA (Associação Cristã de Moços – ACM) é um método multiestágio para a estimativa da VO2max, utiliza entre dois e quatro estágios de 3 minutos de exercício contínuo (Figura 4.2). O teste é projetado para aumentar a FC estável do indivíduo até 110 bpm e 70% da reserva da frequência cardíaca (RFC) (ou 85% da FCmax prevista para

a idade) por, no mínimo, dois estágios consecutivos. É importante lembrar que devem ser obtidas duas medidas consecutivas de FC dentro desse estágio para a predição da VO2max (GOLDING; MYERS; SINNING, 1989).

No entanto, existe apenas um estudo de validação cruzada que examina especificamente o Teste de Ergômetro de Ciclo submáximo da YMCA (BEEKLEY *et al*., 2014). Esse estudo conclui que o atual teste YMCA parece ser eficaz na previsão do VO2máx e que o único efeito de gênero associado a esse relacionamento é uma variação de erro ligeiramente maior para os homens. Outras limitações também são apontadas, como o mérito científico questionável da equação APMHR (220 - idade) recomendada para predizer o VO2máx, com um erro padrão de estimativa variando de 6 a 22 bpm entre os estudos (ROBERGS; LANDWEHR, 2002; JAMNICK *et al*., 2016).

Método de aplicação

No protocolo YMCA, cada taxa de trabalho é realizada por, pelo menos, 3 minutos e a FC é medida durante os 15 e 30 segundos finais do segundo e do terceiro minutos. A taxa de trabalho deve ser mantida por mais 1 minuto se duas FC variarem mais de cinco batimentos por minuto entre si. O administrador do teste deve reconhecer o erro associado à FCmax prevista para a idade e monitorar o indivíduo ao longo do teste para garantir que ele permaneça submáximo (Figura 2).

1º estágio	150 kgm/min (0,5 kg)			
	FC: <80	**FC: 80 a 89**	**FC: 90 a 100**	**FC: > 100**
2º estágio	750 kgm/min (2,5 kg)	600 kgm/min (2,0 kg)	450 kgm/min (1,5 kg)	300 kgm/min (1,0 kg)
3º estágio	900 kgm/min (3,0 kg)	750 kgm/min (2,5 kg)	600 kgm/min (2,0 kg)	450 kgm/min (1,5 kg)
4º estágio	1.050 kgm/min (3,5 kg)	900 kgm/min (3,0 kg)	750 kgm/min (2,5 kg)	600 kgm/min (2,0 kg)

Instruções:
1 Programe a 1ª taxa de trabalho em 150 kgm/min (0,5 kg a 50 RPM)
2 Se a FC no terceiro minuto do estágio for:
< 80, programe o segundo estágio a 750 kgm/min (2,5 kg a 50 RPM)
80 a 89, programe o segundo estágio a 600 kgm/min (2,0 kg a 50 RPM)
90 a 100, programe o segundo o segundo estágio a 450 kgm/min (1,5 a 50 RPM)
> 100, programe o segundo estágio a 300 kgm/min (1,0 kg a 50 RPM)
3 Programe o 3º e 4º estágios (se forem necessários) de acordo com as taxas de trabalho nas colunas abaixo das segundas cargas

Figura 2. Protocolo YMCA de bicicleta ergométrica. Os padrões de resistência mostrados aqui são adequados para uma bicicleta com circunferência de 6mrev.

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. Journal of Applied Physiology, 7, 218–221.

O teste é projetado para ter três estágios: um de aquecimento de 0,5 kp e dois submáximos adicionais. O teste assumiu uma relação linear entre FC e VO_2, o que não ocorre até que a FC seja> 110 batimentos-min. Uma quarta etapa é adicionada se a FC do participante não exceder 110 batimentos por minuto, e o término do teste ocorre quando duas etapas consecutivas são concluídas com uma FC entre 110 e 150 bpm (BEEKLEY *et al*., 2014).

A FC medida durante o último minuto de cada estágio de estado estacionário é plotada em relação à taxa de trabalho. A linha gerada a partir dos pontos plotados é então extrapolada para a FCmax prevista pela idade (por exemplo, 220 - idade), e uma linha perpendicular é solta no eixo x para estimar a taxa de trabalho que seria alcançada se o indivíduo tivesse trabalhado ao máximo (PESCATELLO *et al*., 2014).

Testes em Esteira

A principal modalidade de exercício para o teste de esforço submáximo tem sido tradicionalmente a bicicleta ergométrica, embora as esteiras sejam utilizadas em muitos estabelecimentos. É utilizado o mesmo ponto final (70% da FCR ou 85% da FCmax prevista

para a idade), e os estágios do teste devem durar 3 minutos ou mais para garantir uma resposta estável de FC em cada estágio. Os valores de FC são extrapolados para a FCmax prevista para a idade, e a O2máx é estimada com base na maior velocidade e/ou inclinação que teria sido alcançada se o indivíduo tivesse trabalhado até o máximo (HURTS *et al.*, 2017).

Teste de esteira de Bruce

O teste de esteira de Bruce ainda é um dos protocolos mais comumente utilizados, particularmente em centros de teste de estresse cardíaco. Entretanto, o protocolo Bruce emprega ajustes de carga incremental relativamente grandes (i. e., 2 a 3 MET por estágio) a cada 3 minutos. Consequentemente, alterações nas respostas fisiológicas tendem a ser menos uniformes e a capacidade de exercício pode ser marcadamente superestimada quando medida pelo período de exercício ou pela carga de trabalho, o que é particularmente verdadeiro quando há uso do apoio para as mãos. O protocolo de Bruce é o método mais utilizado para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em esteira rolante, pois inclui aumentos progressivos de velocidade e inclinação de superfície. Deve ser preferencialmente realizado em indivíduos que possuam algum grau de condicionamento físico, em ambientes de diagnóstico e de avaliação da capacidade funcional (BRUCE, 1963; MYERS *et al.*, 2009).

Método de aplicação

Para este protocolo, as variáveis de velocidade, inclinação e tempo são registradas por um assistente. Dessa forma, o indivíduo avaliado inicia o primeiro estágio com caminhada na esteira rolante a 1,7 milhas por hora (mph) e um percentual de inclinação de 10% de grau. A partir de então, a cada período de 3 minutos, um incremento a velocidade entre 0,5 e 0,8mph é adicionado, enquanto a inclinação deve ser acrescida em 2% a cada estágio (SILVA; MONTEIRO; FARINATTI, 2011) (Tabela 3).

Durante o protocolo, o sujeito avaliado deve ser orientado a se apoiar no corrimão da esteira, se isso lhe oferecer segurança e manutenção da posição ereta. Contudo, esse apoio deve ser realizado com os dedos e nunca por mais de três minutos. O teste é interrompido quando o indivíduo refere sensações de fadiga, dificuldade na respiração, cansaço muscular, dor no peito ou qualquer outro sintoma limitante do esforço (SILVA; MONTEIRO; FARINATTI, 2011).

Estágio	Km/h	MPH	Inclin. (%)	Minutos
1	2,4	1,7	10	3
2	4,0	2,5	12	3
3	5,5	3,4	14	3
4	6,7	4,2	16	3
5	8,0	5,0	18	3
6	8,8	5,5	20	3

Legenda: Km/h (quilômetros por hora) e MPH (milhas por hora) representam a velocidade da esteira; Inclin %, a elevação da rampa em relação à horizontal.

Tabela 3: Descrição do protocolo de Bruce.

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. Journal of Applied Physiology, 7, 218–221.

Para estimar o $VO_{2máx}$ a partir do protocolo de Bruce, deve-se utilizar as equações:

Homens:	$VO_{2máx}$ = 2,9 x tempo (min) + 8,33
Mulheres:	$VO_{2máx}$ = 2,74 x tempo (min) + 8,03

Teste de esteira de Balke

Indicado para indivíduos que baixa capacidade funcional, o protocolo de Balke consiste em velocidade constante e acrescimento de inclinação a cada estágio (MENEGHELO *et al*., 2010). Semelhante ao protocolo de Bruce, o teste de esteira de Balke tem uma ampla aplicabilidade e seu incremento gradual de carga permite a aplicação em diferentes populações.

Método de aplicação

Neste protocolo, o indivíduo avaliado inicia um aquecimento correspondente a aproximadamente 4 Equivalentes Metabólicos da Tarefa (MET) e, em seguida, começa a caminhar na superfície da esteira rolante a uma velocidade constante de 3,3mph. Dessa forma, a carga de trabalho é intensificada com o aumento da inclinação da esteira em 1% de grau a cada minuto (ou 2,5% de grau a cada 2 minutos), como descrito na Tabela 4. A FC é a variável que sinalizada o momento de interrupção do teste, sendo 180bpm o indicador de parada (MENEGHELO *et al*., 2010; SILVA; MONTEIRO; FARINATTI, 2011).

Estágio	Km/h	MPH	Inclin. (%)	Minutos
1	5,3	3,3	1%	1
2	5,3	3,3	2%	1
3	5,3	3,3	3%	1
4	5,3	3,3	4%	1
5	5,3	3,3	5%	1
6	5,3	3,3	6%	1

Tabela 4: Descrição do protocolo de Balke

Fonte: Retirado de American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9th ed.). Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. Journal of Applied Physiology, 7, 218–221.

Testes de degrau

Os testes de degrau são baratos, simples, portáteis e um meio ecologicamente válido para estimar o $VO_{2máx}$. Precauções especiais podem ser necessárias para aqueles que têm problemas de equilíbrio ou são extremamente descondicionados. Portanto, o protocolo escolhido deve ser apropriado para o nível de aptidão física do indivíduo. Além disso, a adesão inadequada à cadência do degrau e a fadiga excessiva no membro testado podem diminuir o valor de um teste de degrau. A maioria dos testes não monitora a FC e a PA ao pisar devido à dificuldade de medi-las (BENNETT *et al.*, 2015).

Eles fornecem um método seguro e prático de avaliar a aptidão cardiorrespiratória em condições submáximas e, portanto, oferecem alto potencial para serem usados para avaliar a saúde na população adulta em geral e em um ambiente de reabilitação. Sua capacidade foi demonstrada com sucesso como uma ferramenta para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em brigadas de incêndio na Grã-Bretanha, EUA, Europa e Ásia, e em cuidados primários e ambientes domésticos no Canadá (SHEPHARD; BAILEY; MIRWALD, 1976; BUCKLEY *et al.*, 2004). Há uma grande variedade de protocolos de teste de degrau que diferem na frequência, duração e número de estágios do teste.

Teste do degrau de Astrand-Ryhming

O teste do degrau de Astrand-Ryhming é um teste submáximo baseado na relação linear entre FC e $VO_{2máx}$. Astrand e Ryhming avaliaram a validade de um teste de 5 minutos para prever o VO2máx em 18 adultos do sexo masculino bem treinados (18 a 19 anos), em comparação com o VO2máx medido obtido durante um teste máximo realizado em esteira. Os testes de degrau também são empregados para estimar a $VO_{2máx}$. Pode ser feito em grande escala e é um teste de baixo custo. Uma FC estável é medida para cada taxa de degrau, e a linha formada dos valores de FC é extrapolada para a FCmax prevista para a idade (ASTRAND; RYHMING, 1954).

Método de aplicação

O teste de degrau de Astrand–Ryhming exige que os sujeitos subam e desçam um banco por 5 minutos, a uma taxa de 22,5 passos individuais/minuto. A altura do degrau é de 40 cm para homens e 33 cm para mulheres. A FC é medida nos 15 segundos finais de cada minuto de exercício. As estimativas relativas à medida do $VO_{2máx}$ são estabelecidas em litro/minuto, e um valor constante da FC é usado para prever o $VO_{2máx}$, em conjunto com a massa corporal do participante e o nomograma de Astrand-Ryhming. Se um valor constante de FC não for alcançado, o último valor registrado é usado para estimar o $VO_{2máx}$ do nomograma (RYHMING, 1953; ASTRAND; RYHMING, 1954).

Teste de banco de McArdle

O teste de banco proposto por Katch e McArdle é um teste submáximo e indireto para avaliar a ACR de forma simples e econômica, apresentando valores de VO_{2max} expressos em ml/kg/min-1. Nesse método, a FC é o parâmetro de comparação na recuperação pós-teste. Katch e McArdle (2007) utilizaram o protocolo de banco para avaliar mil homens e mulheres estudantes do Queens College de Nova Iorque, permitindo que muitos sujeitos fossem avaliados com apenas um teste de subida e descida. Incialmente, para realizar esse protocolo foi utilizada a arquibancada do ginásio da instituição. Dessa forma, foi possível abordar um grande número de indivíduos. O teste do Banco de McArlde tem precisão de predição de cerca de 95% do $VO_{2máx.}$ real do indivíduo (McARDLE, KATCH; KATCH, 2007).

Método de aplicação

Neste teste, o indivíduo avaliado deve alternar passos de subida e descida em um banco de altura de 40,3 centímetros durante três minutos, sem intervalo entre os passos. A cadência adotada para os movimentos alternados é de 24 passos/minuto para homens (96 bpm) e 22 passos/minuto para mulheres (88 bpm), podendo ser monitorado por meio de metrômetro. A FC é aferida ao final do teste com o indivíduo em posição ortostática, em artéria radial. Essa avaliação deve ser iniciada no 5º segundo imediatamente após término do teste e finalizada no 20º segundo, resultando em um tempo de aferição de 15 segundos, que será multiplicado por 4. Dessa forma, a FC final será utilizada na equação:

Homens: $VO_{2máx}$ = 111,33 – (0,42 x FC)	Homens: $VO_{2máx}$ = 111,33 – (0,42 x FC)
Mulheres: $VO_{2máx}$ = 65,81 x (0,1847 x FC).	Mulheres: $VO_{2máx}$ = 65,81 x (0,1847 x FC).

Testes de campo

Consistem em caminhar ou correr em um tempo ou distância predeterminados. Um teste de ACR deve ser escolhido com base em sua viabilidade e validade. Os testes de campo são fáceis de administrar em um grande número de indivíduos ao mesmo tempo, e é necessário pouco equipamento (por exemplo, um cronômetro). Entretanto, alguns testes podem ser máximos para alguns indivíduos, principalmente aqueles com baixa aptidão aeróbica e potencialmente não monitorados para PA e FC. O nível de motivação e capacidade de ritmo de um indivíduo também pode ter um impacto profundo nos resultados dos testes (PESCATELLO *et al*., 2014).

Esses testes completos podem ser inadequados para indivíduos sedentários ou com risco aumentado de complicações cardiovasculares e/ou osteomusculares. No entanto, VO_{2max} pode ser estimado a partir dos resultados do teste. Embora muitos testes de campo de caminhada / corrida com base na distância e no tempo tenham sido propostos, de acordo com os resultados de uma recente metanálise, os testes de caminhada/corrida de 1,5 milhas e 12 minutos mostraram a maior validade relacionada ao critério para estimar a aptidão cardiorrespiratória (MAYORGA-VEGA *et al*., 2016).

Teste de caminhada de 12 minutos de Cooper

O teste de 12 minutos de Cooper é simples de estágio único, com limite de tempo, em que os atletas precisam cobrir o maior número possível de metros durante um teste total de 12 minutos. Foi originalmente desenvolvido para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em adultos em 1968 e correlaciona-se fortemente com o VO_{2max} em adultos (r = 0,9) (COOPER, 1968). Recente metanálise mostrou que o CT12 mostra a maior validade relacionada ao critério para estimar a aptidão cardiorrespiratória (MAYORGA-VEGA *et al*., 2016).

Quando a avaliação da VO_{2max} de um indivíduo obtida durante um teste de laboratório não é viável, o teste de 12 minutos representa alternativas úteis para estimar a ACR. Como na avaliação de qualquer teste de campo da aptidão física, os avaliadores devem estar cientes de que a pontuação de desempenho dos testes é uma estimativa e não uma medida direta da ACR (MAYORGA-VEGA *et al*., 2016).

Esse teste é facilmente adaptável a grandes grupos, requer pouco equipamento e pode ser aplicado a pessoas de todos os níveis de condicionamento físico e com idades entre 10 e 70 anos. Por outro lado, a estimulação constante do avaliado se faz necessária e o desempenho nesse teste pode ser extremamente afetado pela motivação. Os equipamentos necessários são: pista de corrida oval e plana ou pista de atletismo, cones para marcação, folha para anotação de dados e cronômetro.

Método de aplicação

O avaliado deverá correr ou andar sem interrupções durante 12 minutos, sendo registrada a distância total percorrida durante esse tempo. Recomenda-se marcar as distâncias em intervalos definidos com cones ao redor da pista para facilitar a visualização e a medição da distância percorrida pelo avaliado.

Para a estimativa do $VO_{2máx}$ (ml.kg-1.min-1), é utilizada a seguinte equação baseada na máxima distância percorrida (DP):

$VO_{2máx} = (DP – 504{,}1) / 44{,}79$.

Teste de caminhada de 1 milha de Rockport

Desenvolvido por Kline *et al.* (1987), o teste de caminhada de 1 milha, também conhecido como teste de caminhada de 1 milha de Rockport, é de capacidade aeróbica submáxima, amplamente utilizado para avaliar a aptidão cardiorrespiratória em diferentes indivíduos, além de fornecer um meio representativo de estimar o VO_{2max} baseado em sexo, idade, índice de massa corporal (IMC) e FC. Em função de sua alta acessibilidade e aplicabilidade, o teste de caminhada de 1 milha tem sido utilizado para avaliar diferentes perfis de população, como jovens (KIM *et al.*, 2015), idosos (MAILEY *et al.*, 2010), indivíduos com doenças cardiovasculares (CASTILLO-RODRÍGUEZ; CHINCHILLA-MINGUET, 2014), oncológicas (NURI *et al.*, 2016) e neurológicas (KRUMPOLEC *et al.*, 2017).

Método de aplicação

O protocolo do teste consiste em caminhar por uma distância de 1 milha (1.609 metros) em pista de atletismo ou terreno plano, sem muitas curvas. Um assistente conduz o procedimento registrando o tempo necessário em que o indivíduo completa o percurso e a FC imediatamente após o término do teste. Para calcular as variáveis de esforço, é necessário registrar dados como idade (anos), altura (centímetros), peso (quilogramas), FC ao final do teste (batimentos por minuto) e o tempo total para completar o teste.

Tendo em mãos as variáveis de esforço, calcula-se:

$VO_{2máx}$ = 132,853– (0,0769 × peso) – (0,3877 × Idade) + (6,315 × Sexo)	(3,2649 × Tempo)	(0,1565 × FC)

Onde: Peso: em libras. Idade: em anos. Sexo: Masculino = 1; Feminino = 0. Tempo: em minutos.

Fonte: KLINE *et al.*, 1987

Teste Yo-Yo de Recuperação Intermitente (YYIR)

Desde a introdução do teste Yo-Yo de Recuperação Intermitente como método de

teste de campo, ocorreu uma evolução da família de testes Yo-Yo. Hoje, as suas variantes são amplamente utilizadas para avaliar a aptidão física em diferentes esportes e populações (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2008; SCHMITZ *et al.*, 2018).

O teste de recuperação intermitente Yo-Yo foi desenvolvido com base no teste máximo de 20 metros, introduzido por Léger e Lambert e modificado por um período de recuperação ativo por Bangsbo *et al*. O principal objetivo do teste Yo-Yo é medir a capacidade de realizar repetidamente exercícios intensos, incluindo o potencial de se recuperar rapidamente de tais exercícios (LEGER; LAMBERT, 1982; BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP1, 2008).

Método de aplicação

Durante o teste YYIR, os participantes realizam corridas repetidas de 2 × 20 m em velocidade progressivamente crescente, interrompidas por períodos de 10 segundos de recuperação ativa (2 × 5m). O teste é realizado até a exaustão total do participante ser alcançada. O ritmo é controlado por um dispositivo acústico automatizado, indicando partida, virada e chegada, mas é obrigatório que o teste seja supervisionado por um profissional experiente. O desempenho no teste é definido como a distância máxima percorrida (m) que é alcançada quando um participante falha duas vezes em alcançar a linha de chegada a tempo ou interrompe o teste devido à exaustão percebida (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP1, 2008).

O teste YYIR pode ser realizado em dois níveis diferentes, designados como teste Yo-Yo de Recuperação Intermitente nível 1 (YYIR1) e Yo-Yo de recuperação intermitente nível 2 (YYIR2).

- O teste YYIR1 começa em um nível de velocidade mais baixo, com 4 lances de corrida a 10–13 km/h (0–160m), seguidos por 7 corridas a 13,5–14 km/h (160-440 m), prosseguindo com incrementos de velocidade graduais de 0,5 km/h após cada 8 períodos de corrida até a exaustão.
- O teste YYIR2 começa em um nível de velocidade mais alto e duas execuções iniciais de 13 e 15 km/h, respectivamente, seguidas de duas execuções a 16 km/h, três execuções a 16,5 km/h, 4 correm a 17,0 km/h, prosseguindo com incrementos de velocidade graduais de 0,5 km/h após cada 8 lances de corrida até a exaustão.

Com base nessa diferença, o teste YYIR1 foi sugerido como um método principalmente para testar a capacidade de resistência, enquanto o teste YYIR2 foi introduzido para determinar a capacidade de realizar repetidamente exercícios intensos com alta contribuição de energia anaeróbica (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP1, 2008).

Teste intermitente de aptidão 30-15

Desenvolvido com o objetivo de avaliar a ACR e melhorar a prescrição de intensidade

de treinamento em esportes coletivos, o Teste Intermitente de Aptidão 30-15 (30-15IFT) foi recentemente introduzido como alternativa para os testes de campo. Esse método teve validade e confiabilidade demonstradas em algumas equipes esportivas (THOMAS *et al*., 2016; BUCHHEIT, 2008; SCOTT *et al*., 2015).

Semelhante aos testes mais tradicionais, o 30-15IFT provoca FC máximas e captação de oxigênio. No entanto, sua vantagem em relação a outros testes de campo é o uso da velocidade alcançada no final da corrida (VIFT) para prescrever treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT). O VIFT usado como prescritor de treinamento parece promover a homogeneidade entre a equipe e uma padronização do conteúdo prescrito. Nessa ótica, atletas de diferentes perfis fisiológicos podem atingir variáveis cardiorrespiratórias semelhantes, minimizando as diferenças individuais que normalmente são importantes em outros testes contínuos lineares (BUCHHEIT, 2008).

Método de aplicação

O protocolo descrito por Buchheit sugere como ambiente uma quadra coberta com piso sintético, onde deve ser realizada a corrida. A equipe deve correr em sentido vaivém por 30 segundos com pausas de 15 segundos para recuperação passiva. Inicialmente, a velocidade é fixada em 8km/h para os primeiros 30 segundos e deve-se incrementar 0,5km/h em cada estágio. Os sujeitos correm de um lado para o outro a uma distância de 40 metros, demarcada por linhas na quadra, e o ritmo da corrida é orientado por um sinal sonoro (bipe) pré-gravado. O estímulo do bipe permite que a corrida tenha intervalos e velocidades ajustados adequadamente, fazendo os sujeitos atingirem as zonas de extremidades de aproximadamente 3 metros e a zona central (linha de 20 metros).

A pausa de 15 segundos é realizada dentro de uma das três zonas (extremidades ou linha central), dependendo de onde a etapa anterior for concluída. O sujeito deve completar o maior número possível de etapas até que não consiga mais manter a velocidade de corrida ou quando não conseguir alcançar uma zona no momento do bipe em 3 ocasiões consecutivas, caracterizando o término do teste. A pontuação é registrada contabilizando a última etapa concluída com sucesso e a velocidade é registrada pela velocidade máxima atingida no final do teste (VIFT) (BUCHHEIT, 2008).

Referências

ÅBERG, M. A. I. *et al*. Cardiovascular fitness in males at age 18 and risk of serious depression in adulthood: Swedish prospective population-based study. **British Journal of Psychiatry**, v. 201, n. 5, p. 352–359, nov. 2012.

AL-MALLAH, M. H.; SAKR, S.; AL-QUNAIBET, A. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease prevention: an update. **Curr Atheroscler Rep.** 2018;20(1):1.

ARENA, R.; CAHALIN, L. P. Evaluation of Cardiorespiratory Fitness and Respiratory Muscle Function in the Obese Population. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 56, n. 4, p. 457–464, 2014.

ASTRAND, P. O.; RYHMING, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work**. J Appl Physiol**., v. 7, n. 2, p. 218–21, 1954.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP1, P. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test Intermittent Sports. **Sports Med**, v. 38, n. 1, p. 37–51, 2008.

BEEKLEY, M. D. *et al*. Cross-Validation of the YMCA Submaximal Cycle Ergometer Test to Predict VO 2. **Res Q Exerc Sport**., v. 75, n. December, p. 337–42, 2014.

BENASSI, R. *et al.* Análise comparativa entre os protocolos de banco e equação preditiva para avaliação indireta do consumo máximo de oxigênio (VO2máx) e suas aplicações práticas. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.7, n.41, p.484-493; 2013.

BENCK, L. R.; CUTTICA, M. J.; COLANGELO, L. A. *et al*. Association between cardiorespiratory fitness and lung health from young adulthood to middle age. **Am J Respir Crit Care Med**. 195:1236-1243. 2018.

BENNETT, H. *et al*. Validity of Submaximal Step Tests to Estimate Maximal Oxygen Uptake in Healthy Adults. **Sports Medicine**, v. 46, n. 5, p. 737–50, 2015.

BHELLA, P. S.; HASTINGS, J. L.; FUJIMOTO, N. *et al.* Impact of lifelong exercise “dose” on left ventricular compliance and distensibility. **J Am Coll Cardiol**. 64; 2014.

BRUCE, R.A.; BLACKMON, J. R.; JONES, J. W.; STRAIT, G. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. **Pediatrics**.32:742–75; 1963.

BUCKLEY, J. *et al.* Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. **Br J Sports Med**., v. 38, n. 2, p. 197–205, 2004.

BUCHHEIT, MARTIN. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 365–374, 2008.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Rep**, 100 (1985), pp. 126-131.

CASTILLO-RODRÍGUEZ, A.; CHINCHILLA-MINGUET, J. L. Cardiovascular program to improve physical fitness in those over 60 years old - pilot study. **Clin Interv Aging**. 9:1269–1275; 2014.

COOPER, K. H. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake. **Jama**, v. 203, n. 3, p. 201, 1968.

EADES, M. T.; TSANAS, A.; JURASCHEK, S. P. *et al.* Smartphone-recorded physical activity for estimating cardiorespiratory fitness**. Sci Rep**, 2021, 11, 14851.

EARNEST, C. P.; ARTERO, E. G.; SUI, X. *et al*. Maximal estimated cardiorespiratory fitness, cardiometabolic risk factors, and metabolic syndrome in the aerobics center longitudinal study. **Mayo Clin Proc**. 88:259-270; 2013.

HAMBRECHT, R. P.; SCHULER, G. C.; MUTH, T. *et al*. Greater diagnostic sensitivity of treadmill versus cycle exercise testing of asymptomatic men with coronary artery disease. **Am J Cardiol**. 70:141–6, 1992.

HERDY, A. H.; SERRA, S. M. Teste Cardiopulmonar de Exercício: Fundamentos, Aplicabilidade e Interpretação. **Arq. Bras. Cardiol.** 107 (5) • Nov 2016.

JAMNICK, N. A. *et al*. Comparison of the YMCA and a Custom Submaximal Exercise Test for ˙ O. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 30, p. 254–259, 2016.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, Auckland, v.29, n.6, p.373-86, 2000.

KAMINSKY, L. A.; ARENA, R.; ELLINGSEN, Ø *et al*. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease - The past, present, and future. **Prog Cardiovasc Dis.** 62(2):86-93; Mar-Apr, 2019.

KELLER, A.; HELLESNES, J.; BROX, J. I. Reliability of the Isokinetic Trunk Extensor Test, Biering-Sørensen Test, and Åstrand Bicycle Test Assessment of Intraclass Correlation Coefficient and Critical Difference in Patients with Chronic Low Back Pain and Healthy Individuals. **Spine** (Phila Pa 1976), v. 26, n. 7, p. 771–777, 2001.

KIM, K.; LEE; H. Y.; LEE; D. Y.; NAM, C. W. Changes in cardiopulmonary function in normal adults after the Rockport 1 mile walking test: a preliminary study. **J Phys Ther Sci**. 27(8):2559–2561. 2015.

KLINE, G. M. *et al*. Estimation of VO2max from a one- mile track walk, gender, age, and body weight**. Med Sci Sports Exerc.** 19:253–259, 1987.

KRUMPOLEC *et al*. Aerobic-Strength Exercise Improves Metabolism and Clinical State in Parkinson's Disease Patients. **Front Neurol**. 8:698, 2017.

LEE, D. C. *et al*. Changes in fitness and fatness on the development of cardiovascular disease risk factors: Hypertension, metabolic syndrome, and hypercholesterolemia**. Journal of the American College of Cardiology**, v. 59, n. 7, p. 665–672, fev. 2012.

LEGER, L.; LAMBERT, J. A Maximal Multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict VO2 max*. **Eur J Appl Physiol**, v. 49, n. 1, p. 1–12, 1982.

MAILEY, E. L.; WHITE, S. M.; WÓJCICKI, T. R. *et al*. Construct validation of a non-exercise measure of cardiorespiratory fitness in older adults. **BMC Public Health**. 10:59; 2010.

MAYORGA-VEGA, D. *et al*. Criterion-related validity of the distance- and time-based walk/run field tests for estimating cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1–24, 2016.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício:** energia, nutrição e desempenho humano. 6. Ed. Rio de Janeiro: Ed. GuanabaraKoogan, 2007.

MENEGHELO, R. S. *et al*. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. **Arq. Bras. Cardiol**., São Paulo, v. 95, n. 5, supl. 1, p. 1-26, 2010.

MYERS, J.; ARENA, R.; FRANKLIN, B. *et al*. Recommendations for clinical exercise laboratories: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**. 119(24):3144–61; 2009.

NURI, R.; MOGHADDASI, M.; DARVISHI, H.; IZADPANAH, A. Effect of aerobic exercise on leptin and ghrelin in patients with colorectal cancer. **J Cancer Res Ther**. 12:169–174; 2016.

PEPERA, G.; HADJIANDREA, S.; ILIADIS, I. *et al*. Associations between cardiorespiratory fitness, fatness, hemodynamic characteristics, and sedentary behaviour in primary school-aged children. **BMC Sports Sci Med Rehabil** 14, 16 (2022).

PESCATELLO, L. S. *et al*. ACSM 's **- Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 9th ed ed. [s.l.] Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, 2014.

ROBERGS, R.; LANDWEHR, R. The surprising history of the "HRmax=220-age" equation. **Journal of Exercise Physiology online,** v. 5, n. 3, p. 1–10, 2002.

RYHMING, I. A modified Harvard step test for the evaluation of physical fitness. **Arbeitsphysiologi**e, v. 15, n. 3, p. 235–50, 1953.

SCHMID, D.; LEITZMANN, M. F. Cardiorespiratory fitness as predictor of cancer mortality: a systematic review and meta-analysis. **Annals of Oncology**, v. 26, n. 2, p. 272–278, fev. 2015.

SCHMITZ, B. *et al*. The Yo-Yo Intermittent Tests: A Systematic Review and Structured Compendium of Test Results. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. July, p. 1–16, 2018.

SHEPHARD, R. J.; BAILEY, D. A.; MIRWALD, R. Development of the Canadian Home Fitness Test. **Canadian Medical Association journal**, v. 114, n. 8, p. 675–9, 1976.

SILVA, S. C.; MONTEIRO, W. D.; FARINATTI, P. T. V. Avaliação da capacidade máxima de exercício: uma revisão sobre os protocolos tradicionais e a evolução para modelos individualizados. **Rev Bras Med Esporte**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 363-369, Oct. 2011.

THOMAS, C. *et al*. Reliability of the 30-15 intermittent fitness test in semiprofessional soccer players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 2, p. 172–175, 2016.

TRAPPE, S.; HAYES, E.; GALPIN, A. *et al*. New records in aerobic power among octogenarian lifelong athletes. **J Appl Physiol**. 114:3-10; 2013.

WILLIS, B. L.; LEONARD D.; BARLOW, C. E. *et al*. Association of Midlife Cardiorespiratory Fitness with Incident Depression and Cardiovascular Death After Depression in Later Life. **JAMA Psychiatry.** 2018 Sep 1;75(9):911-917.

XIANG, L.; KAILI, DENG.; MEI, Q. *et al*. Population and Age-Based Cardiorespiratory Fitness Level Investigation and Automatic Prediction. **Frontiers Cardiov. Med.,** jan./2022, v 8, 758589.

ZEIHER, J. *et al.* Correlates and Determinants of Cardiorespiratory Fitness in Adults: a Systematic Review. **Sports Med** - Open 5, 39. 2019.

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO NEUROMUSCULAR

Data de aceite: 06/06/2023

ÁDRIA SAMARA NEGRÃO NORONHA

ANTENOR BARBOSA CALANDRINI DE AZEVEDO

RAYRA KHALINKA NEVES DIAS

VICTOR SILVEIRA COSWIG

Introdução

O sistema neuromuscular é a comunicação entre o sistema nervoso central e o músculo esquelético por meio de potenciais elétricos e neurotransmissores (FAGERLUND; ERIKSSON, 2009). A união desses sistemas consiste em um complexo mecanismo de controle; os músculos transformam sinais neuronais e energia química em energia cinética (movimento) (RÖHRLE *et al.*, 2019). O impulso neural que resulta dessa conexão é adaptável e altera-se devido a alguns aspectos como envelhecimento, fadiga, habilidade motora, degeneração neuromuscular e lesões (ENOKA *et al.*, 2003; SHADMEHR; SMITH; KRAKAUER, 2010; SHIELDS, 2002).

Para a prescrição do exercício físico eficiente, é imprescindível a realização da avaliação física para obtenção dos dados e com o objetivo de auxiliar no acompanhamento e na reavaliação do indivíduo (PRESTES *et al.*, 2015). A avaliação da função neuromuscular é de fundamental importância em várias áreas relacionadas ao movimento humano, permitindo identificar fatores limitantes de desempenho físico, monitorar os efeitos de programas de treinamento e reabilitação, comparações entre grupos e indivíduos e identificação de talentos (ABERNETHY; WILSON; LOGAN, 1995; WILSON; MURPHY, 1996).

As capacidades físicas neuromusculares mensuráveis como força muscular, potência, resistência, flexibilidade e agilidade são componentes da aptidão física que influenciam no desempenho de atividades rotineiras (GUEDES *et al.*, 2002). Portanto, o objetivo deste capítulo é abordar os métodos de avaliação da função neuromuscular sobre as aptidões neuromusculares, assim como

descrever os equipamentos de medidas e o grupo-alvo das avaliações.

Equipamentos de medidas

De modo geral, aparelhos de musculação (ex: *Leg press* e supino reto), dinamometria e isocinéticos são amplamente utilizados para mensurar a força muscular para o público idoso, crianças, desempenho esportivo e reabilitação (CRUZ-JENTOFT; SAYER, 2019; GRGIC *et al.*, 2020; LESNAK *et al.*, 2019; O'MALLEY *et al.*, 2018). Os procedimentos realizados nesses equipamentos podem ser considerados medidas padrão ouro - em outras palavras, avaliações altamente confiáveis para mensuração. Em relação à utilização de instrumentos para desempenho de potência muscular, podem ser denominados como padrão ouro a plataforma de força e câmeras de alta velocidade (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014).

Mecanismos intermediários, como tapetes de contatos, mas com alto valor de confiabilidade e reprodutibilidade, também são uma alternativa para ponderação (FARIAS *et al.*, 2013). Por outro lado, a maior tendência para avaliação de potência muscular vem sendo direcionada para a utilização de aplicativos móveis com elevada portabilidade e de fácil manuseio (AZEVEDO, A. B. C. *et al.*, 2019). Além disso, o custo-benefício torna-se uma vantagem em relação aos outros instrumentos citados anteriormente (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015). Em se tratando de esportes de alto desempenho, sensores inerciais e encodes são altamente sugeridos para aferição da aceleração e avaliação da cinemática do movimento (SHIGEMURA *et al.*, 2021). Entretanto, a operacionalização desses equipamentos está fora da realidade de vários centros de treinamento pelo Brasil. Por fim, flexibilidade, agilidade e resistência muscular localizada utilizam ferramentas mais acessíveis, a exemplo de cones, fitas métricas, halteres, banco de *wells* e réguas. Todos os testes relacionados com as capacidades físicas e equipamentos citados anteriormente são descritos passo a passo neste capítulo.

Força muscular

A força muscular é a capacidade de um músculo ou grupo de músculos exercer força para superar uma resistência de oposição (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Os testes a seguir são utilizados para a avaliação da força muscular no desempenho físico em esportes e exercícios, assim como em outras ciências relacionadas ao movimento (JARIC, 2002).

1 Repetição máxima (RM)

Neste teste, a carga é estipulada empiricamente mais próxima da suposta carga máxima. Caso o avaliado consiga realizar uma repetição completa com determinada carga, não precisará realizar a próxima repetição. O avaliado descansa entre três e

cinco minutos para realizar a próxima tentativa com acréscimo de 0,4 a 5 kg. O ideal é que sejam realizadas de três a cinco tentativas. O teste finaliza quando o avaliado não consegue realizar o movimento com a carga estipulada pelo avaliador – nesse momento, a carga da repetição anterior será considerada a carga máxima (ACSM, 2009). A maioria dos estudos selecionam exercícios com movimentos multiarticulares por oferecerem baixo risco de lesão. Esse teste é indicado para preparação física do treinamento desportivo, da reabilitação física ou como dados para pesquisa científica (BROWN; WEIR, 2001).

Cargas Submáximas

Para a avaliação de cargas submáximas, é necessário estipular uma carga para a realização das repetições desejadas, a exemplo 6RM e 10RM. Se, com a carga, o avaliado ultrapassar o número de repetições desejadas, será necessário acrescentar uma sobrecarga de 5-10% em relação à carga inicial. Caso o avaliado não consiga realizar o número de repetições estipulada, deve-se dividir o peso incrementado pelo número de séries que ele realizou para determinar a carga ideal para o RM determinado. O tempo de descanso entre as tentativas e exercícios deve ser entre três e cinco minutos, respectivamente. Caso ocorram cinco tentativas durante o teste, e se ainda assim não for possível determinar a carga para as repetições, será dado um intervalo de 24 horas para a realização de um novo teste (MIDDLETON; YAFFE, 2009). Ele pode ser aplicado em diferentes populações.

Potência muscular

A potência muscular tem como finalidade a realização de uma ação em alta velocidade utilizando uma determinada sobrecarga muscular (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011). Considerando a cinemática na física, potência muscular é a resultante da força multiplicada pela aceleração (BAKER, 2007). Ponderando a aplicabilidade prática, a potência muscular tem se tornado um ponto-chave para o sucesso competitivo de modalidades que exijam ações balísticas, como levantamento de peso olímpico (SANDAU; GRANACHER, 2020), aumento de funcionalidade no público idoso (RAMIREZ-CAMPILLO *et al.*, 2018), monitoramento da carga interna de treinamento (CLAUDINO *et al.*, 2017), e possui uma alta associação com o desempenho de modalidades que utilizam “sprints” em curtas e médias distâncias (LOTURCO *et al.*, 2018). A seguir, serão descritos alguns testes de fácil aplicabilidade prática para avaliação de potência muscular, em que o principal está relacionado ao desempenho de saltos verticais e suas variações para membros inferiores e arremesso de *medicine ball* para membros superiores.

Arremesso de medicine ball

Neste teste, é necessário que uma trena seja fixada ao solo, com o ponto zero

fixado a uma parede. O avaliado irá se sentar no chão com as pernas estendidas e com as costas em contato com a parede. Em seguida, com a *medicine ball* de 3 kg colocada na altura do peito, abaixo do queixo e com os cotovelos próximos ao corpo, o avaliado efetuará o lançamento da bola sem tirar as costas da parede. A distância do ponto de partida ao primeiro toque da bola no solo será considerada (JOHNSON, B. L.; NELSON, 1986). Esse teste consiste em 3 tentativas, e com o resultado do teste é possível classificar o desempenho de acordo com a tabela a seguir:

Distância do Arremesso (cm) Homens	Distância do Arremesso (cm) Mulheres	Classificação
<274	<122	Iniciante
275-366	123-213	Iniciante avançado
367-610	214-366	Intermediário
611-762	357-427	Intermediário avançado
<763	>428	Avançado

Tabela 1: Distância do arremesso associado ao nível de aptidão física

Fonte: Johnson e Nelson, 1986.

Salto vertical

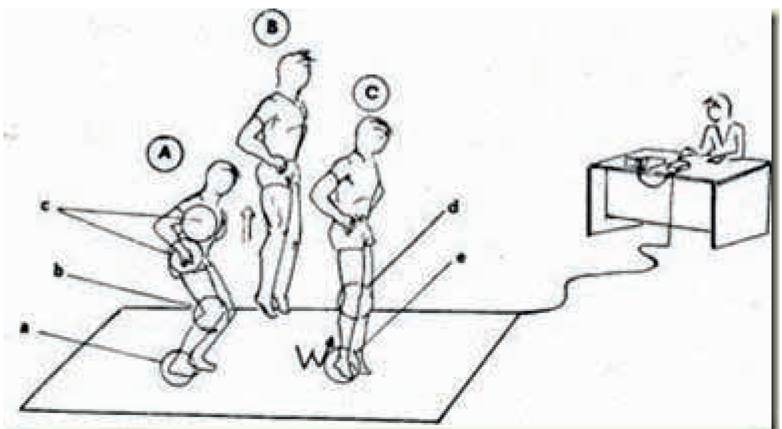
O salto vertical é uma habilidade necessária para diversas modalidades esportivas e por vezes determinante para um bom desempenho esportivo (GOMES *et al.*, 2009). O teste visa a avaliar a força explosiva dos membros inferiores. Pode ser analisado através de plataformas de força, tapetes de contato, aplicativos móveis e de formas mais simples, como *sargento jump*. Por fim, esses saltos podem ser realizados com contramovimento ou sem contramovimento (SATTLER *et al.*, 2012).

Countermovement jump

Em primeiro plano, os avaliados devem se estabelecer em uma posição ortostática com as mãos posicionadas na crista ilíaca. Em seguida, os sujeitos devem realizar o CMJ flexionando os joelhos (~90°) e o quadril (~120°). Posteriormente, devem realizar a extensão do joelho e quadril com maior velocidade possível. Após o retorno ao solo, os indivíduos devem flexionar os joelhos e o quadril novamente, com o intuito de reduzir o impacto nas principais articulações envolvidas no movimento. Para o rastreamento da fadiga, é recomendada a utilização da média aritmética por meio da avaliação de três tentativas de saltos; por outro lado, na verificação de altura máxima de salto deve-se realizar apenas o maior valor de mensuração (CLAUDINO *et al.*, 2017).

Squat jump

O teste se inicia com o avaliado na posição em pé, com as mãos nos quadris e os joelhos flexionados no ângulo de 90 graus. Após o sinal do avaliador, o participante fica parado por cerca de 1 segundo, e em seguida realiza o salto mais alto possível, sem tirar as mãos do quadril. O avaliado deve sempre decolar e pousar na mesma posição, com as pernas esticadas. É importante que nenhum contramovimento (pré-alongamento) seja executado ao redor das articulações do joelho e do quadril; caso aconteça, o salto é desconsiderado (BOSCO; LUHTANEN; KOMI, 1983). Os instrumentos necessários para esse teste ficam a critério do avaliador, podendo escolher entre o tapete de salto, plataforma de força ou aplicativos específicos para avaliação de saltos verticais.



Fonte: Bosco, Luhtanen e Komi (1983).

Drop jump

Este teste envolve pular de uma pequena altura, aterrissar e, em seguida, pular de forma explosiva verticalmente. Para iniciar, o sujeito deve se encontrar em cima do banco (30 cm) em posição ereta, pernas estendidas. Em seguida, levar à frente um pé e deixando-se cair sob o efeito da gravidade. Ao contato com o solo, deve reagir o mais rápido possível, saltando o mais alto que puder, e durante esse movimento evitar a flexão do joelho (KOLLIAS; PANOUTSAKOPOULOS; PAPAIAKOVOU, 2004). A forma de avaliação fica a critério do avaliador, podendo escolher entre o tapete de salto, plataforma de força ou aplicativos específicos para avaliação de saltos verticais.

Sargent jump test

Os participantes devem se posicionar em paralelo em relação à superfície vertical, na qual a trena está posicionada. Em seguida, utilizando as mãos voltadas para trás como

uma forma de estabilização e propulsão, devem flexionar os joelhos (~90°) e quadril (~120°), ocasionando a contração máxima para promover o melhor desempenho de altura de salto, com o objetivo de tocar as pontas dos dedos na maior distância possível. O cálculo de medida é realizado pela subtração da envergadura do praticante pelo ponto de referência avaliado em cada tentativa (AZEVEDO, A. B. C. *et al.*, 2019).

Impulsão horizontal

Neste teste, o avaliador deve traçar uma linha no solo e nele fixar a trena, com o ponto zero fixado sobre a linha. O avaliado se posicionará atrás da linha, com os pés paralelos, ligeiramente afastados, joelhos semiflexionados, tronco ligeiramente projetado à frente. Ao sinal do avaliador, o participante deverá saltar a maior distância possível. A medição da distância saltada se dá do calcanhar mais próximo da linha inicial. O avaliado poderá repetir o teste e o melhor valor deve ser considerado (BULTEN; KING-DOWLING; CAIRNEY, 2019).

Resistência muscular localizada

A resistência muscular é a qualidade física que permite ao músculo executar uma quantidade de contrações sem que haja diminuição na frequência, amplitude de movimento, força e velocidade. Geralmente é expressa como a quantidade máxima de repetições realizadas até a exaustão, o máximo número de repetições dentro de um período fixo ou como uma porcentagem do 1RM relativo (JOHNSON, D. *et al.*, 2009).

Resistência abdominal

A princípio, os participantes devem se posicionar em decúbito dorsal e flexionar os joelhos em um ângulo de 90°. Logo em seguida, com os braços sobrepostos, devem direcionar as mãos no deltoide anterior e flexionar os principais músculos abdominais, ocasionando a extensão e flexão do tronco, com o intuito de gerar uma amplitude que proporcione os cotovelos tocarem nos joelhos, e retornando à posição de partida. No total, as repetições são mensuradas por um intervalo de 60 segundos, sendo contabilizadas até três tentativas para cada participante (KORDI *et al.*, 2015).

Flexão de cotovelos

Para a realização deste teste, o avaliado se posicionará em decúbito ventral, com as mãos apoiadas no solo, com uma distância de 10 a 20 centímetros a partir da linha dos ombros, com os dedos voltados para frente. A posição das mãos não deve ser acima da linha dos ombros e o rosto deve permitir um alinhamento adequado entre o tronco e as

pernas. Ao sinal do avaliador, o participante flexionará os cotovelos até que haja um ângulo de 90 graus, e então retornará à posição inicial com os braços estendidos. A aplicação do teste para o sexo feminino pode ser modificada pelo apoio dos joelhos sobre o solo ou colchonete. Os demais procedimentos são realizados para ambos os sexos. O avaliador irá considerar o máximo de repetições que o avaliado conseguir realizar corretamente (JOHNSON, B. L.; NELSON, 1986; MAYHEW *et al.*, 1991).

Idade	Excelente	Bom	Acima da média	Média	Abaixo da média	Pobre
17 – 19	> 56	47-56	35-46	19-34	11-18	<11
20 – 29	> 47	39-47	30-38	17-29	10-16	<10
30 – 39	> 41	34-41	25-33	13-24	8-12	<8
40-49	> 34	28-34	21-27	11-20	6 a 10	<6
50 – 59	> 31	25-31	18-24	9-17	5-8	<5
60 – 65	> 30	24-30	17-23	6-16	3-5	<3

Tabela 2: fornece dados normativos para o teste de flexão de cotovelos para homens

Fonte: Golding e Sinning (1989).

Idade	Excelente	Bom	Acima da média	Média	Abaixo da média	Pobre
17 - 19	> 35	27-35	21-26	11-20	6 a 10	<6
20 - 29	> 36	30-36	23-29	12-22	7-11	<7
30 - 39	> 37	30-37	22-29	10-21	5-9	<5
40-49	> 31	25-31	18-24	8-17	4-7	<4
50 - 59	> 25	21-25	15-20	7-14	3-6	<3
60 - 65	> 23	19-23	13-18	5-12	2-4	<2

Tabela 3: fornece dados normativos para o teste de flexão de cotovelos para mulheres

Fonte: Golding e Sinning (1989).

Sentar e levantar

Existem duas formas para a realização desse teste, a saber: no solo e com a cadeira. O teste sentar e levantar no solo deve ser realizado em uma superfície plana e não escorregadia, e o avaliado deverá estar descalço e com roupas que não limitem seus movimentos. Um colchonete é necessário para minimizar o impacto do quadril com o solo e deve ser posicionado atrás do avaliado durante a ação de sentar-se. Para o uso escala de mensuração, a nota máxima cinco corresponde à ação de sentar ou à de levantar, realizada sem a utilização de apoios, sem qualquer desequilíbrio corporal evidente. Para cada apoio extra utilizado no solo e/ou no próprio corpo, para facilitar a execução ou evitar choque com

o solo, subtrai-se um ponto da nota máxima. Duas tentativas são necessárias para que o indivíduo consiga seu melhor resultado (RICARDO; ARAÚJO, 2001).

Pontos	Sentar	Levantar
5	Sem apoio	Sem apoio
4,5	1 desequilíbrio	1 desequilíbrio
4	1 apoio	1 apoio
3,5	1 apoio e 1 desequilíbrio	1 apoio e 1 desequilíbrio
3	2 apoios	2 apoios
2,5	2 apoios e 1 desequilíbrio	2 apoios e 1 desequilíbrio
2	3 apoios	3 apoios
1,5	3 apoios e 1 desequilíbrio	3 apoios e 1 desequilíbrio
1	4 apoios	4 apoios
0,5	4 apoios e 1 desequilíbrio	4 apoios e 1 desequilíbrio
0	Mais de 4 apoios ou com ajuda do avaliador	Mais de 4 apoios ou com ajuda do avaliador

Tabela 4: Resultados possíveis com o teste sentar e levantar no solo

Fonte: Ricardo e Araújo (2001).

O teste de sentar e levantar inicia-se com o participante sentado em uma cadeira, com as costas apoiadas no encosto e os pés bem apoiados no solo e afastados à largura dos ombros. Os braços estão cruzados ao nível dos punhos e contra o peito. Ao sinal de "partida", o participante eleva-se até a extensão máxima (posição vertical) e regressa à posição inicial. É contabilizado o máximo de repetições durante 30 minutos (RICARDO; ARAÚJO, 2001). Esse teste é uma ferramenta de avaliação funcional voltado para o público idoso e que pode ser utilizado em outros grupos.

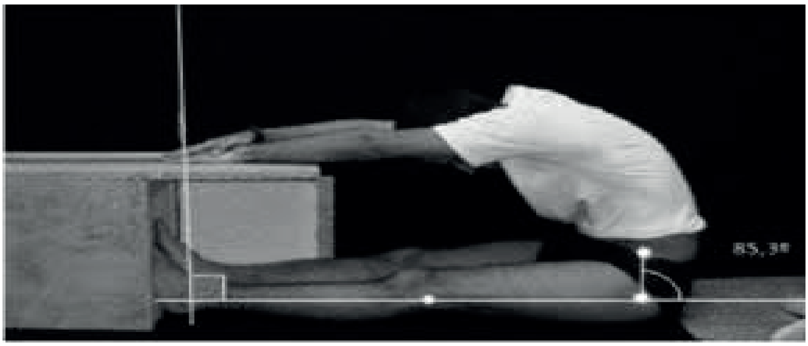
Flexibilidade

A flexibilidade é um dos componentes da aptidão física essenciais para adquirir e desenvolver o condicionamento físico humano (POLLOCK *et al.*, 1998). A avaliação da flexibilidade permite identificar grupos músculos-articulares com pouca flexibilidade e estabelecer parâmetros para prescrição de exercícios de alongamento. Além disso, avaliar a flexibilidade periodicamente é importante para verificar as possíveis alterações na amplitude do movimento com o passar dos anos.

Sentar e alcançar

Para o teste sentar e alcançar com o banco de *Wells*, os sujeitos devem se sentar

com os pés à altura do quadril contra o banco de *Wells*. Com seus joelhos estendidos, irão colocar a mão direita sobre a esquerda, e lentamente se estenderão para frente o máximo que puderem, deslizando as mãos ao longo da placa de medição do banco de *Wells* (DIAS *et al.*, 2020).



Fonte: GUARIGLIA *et al.* (2011).

Para o teste na cadeira, inicia-se com o participante sentado na borda do assento da cadeira. O avaliado tentará inclinar-se à frente com uma mão sobre a outra e tentará alcançar o mais perto possível os dedos do pé, sendo que a perna dominante estará estendida. Se o participante não conseguir encostar os dedos dos pés, será contada com uma régua a distância que falta para alcançar ou que passar dos dedos dos pés (de SANTANA *et al.*, 2014).



Fonte: de Santana *et al.* (2014).

Agilidade

Agilidade é descrita como a execução de movimentos em alta velocidade estabelecendo a mudança de direção, através de obstáculos em um determinado percurso (SHEPPARD; YOUNG, 2006). Essa capacidade física necessita de uma elevada

coordenação motora entre as musculaturas envolvidas no movimento e fortalecimento das estruturas estabilizadoras (ex: ligamentos) (CHAALALI *et al.*, 2016). Na prática esportiva, a agilidade tem se tornado ponto-chave para atletas que busquem o sucesso competitivo, sendo altamente requisitada em modalidades coletivas e individuais (MAKHLOUF *et al.*, 2018). De modo geral, os testes utilizados necessitam de baixo custo e são altamente aplicados em qualquer ambiente esportivo, sendo citados vários exemplos a seguir.

Shuttlerun

Para a realização deste teste, deve-se demarcar no solo duas faixas paralelas equidistantes a 9,14 metros. Atrás de uma das faixas serão colocados dois blocos de madeira (com as dimensões de 5 x 5 x 10 cm) de forma paralela a ela e distantes 30 centímetros. O avaliado iniciará o teste na posição em pé com afastamento anteroposterior das pernas, com o pé anterior o mais próximo possível da linha de partida. Ao sinal do avaliador, o participante correrá em sua maior velocidade até a segunda faixa, pegará um dos dois blocos e retornará à linha de partida, posicionando esse bloco atrás da linha, e deverá repetir essa movimentação com o outro bloco, sem interromper a corrida. O bloco não deve ser jogado nem arremessado, e o avaliado deve transpor uma ou duas pernas à frente da linha, para validar seu deslocamento. Todo trajeto é cronometrado e é finalizado quando o voluntário ultrapassa a linha pela segunda vez (HUNSICKER; REIFF, 1976).

Time up and go

O teste *Time up and Go* inicia-se com o participante sentado na cadeira, com postura ereta, mãos nas coxas e com os pés no solo, e, quando solicitado, ele se levanta e caminha o mais rápido possível (sem correr) três metros, contorna o cone ou marcador e retorna à posição inicial (sentada). O cronômetro deve ser iniciado no começo do movimento e parado no momento exato em que o avaliado retornar ao assento (JEONG *et al.*, 2019).

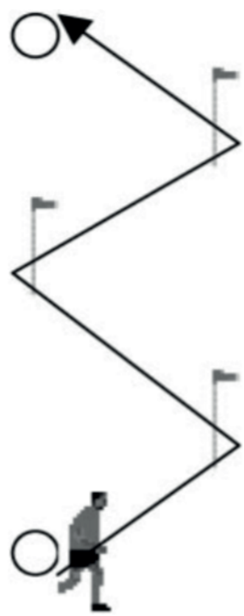
Obstáculo hexagonal

O teste abrange uma área de formato hexagonal composto por seis obstáculos horizontais com diferentes nivelamentos de altura: 32, 20, 25, 20, 35 e 20 cm. Os participantes devem ficar posicionados no centro do hexágono e, após o comando do avaliador, saltar sobre o obstáculo número 1, retornando em seguida para o centro da estrutura para, na sequência, realizar os mesmos procedimentos para os demais obstáculos. No total, devem ser realizadas quatro voltas completas em torno do hexágono, com as voltas 1 e 2 em sentido horário e 3 e 4 sentidos anti-horário. A mensuração do tempo deve ser realizada com um cronômetro, com a cautela de observar o momento em que os pés dos avaliados deixam o solo. Por fim, após as 4 voltas, o cronômetro deve ser paralisado (ANDERSEN;

MONTGOMERY; TURCOTTE, 1990).

Zig-zag

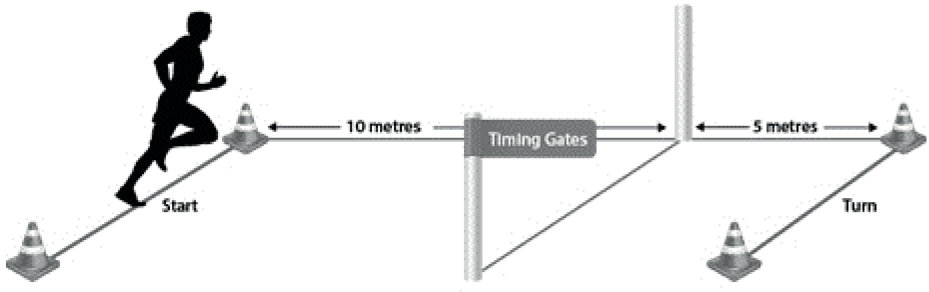
Este teste consiste na realização de corrida numa distância de 20 metros, com mudança de direção de 100 graus a cada 5 metros (LITTLE; WILLIAMS, 2005). O avaliado se posicionará atrás do ponto de partida e, ao sinal do avaliador, percorrerá os 20 metros em sua maior velocidade possível até o ponto final, sem derrubar as marcações dos pontos de mudança de direção.



Fonte: Little e Williams (2005).

Teste 505

O avaliador realiza marcações no solo com cones ou marcadores a uma distância de 10 metros (A e B) e uma distância de 5 metros (B e C), conforme a imagem abaixo. O avaliado deve estar na linha de partida e, ao comando do avaliador, correr os 15 metros, virar e correr de volta para a linha de largada. O cronômetro do avaliador iniciará a contagem quando o participante passar da linha dos 10 metros, e encerrar-se-á quando o avaliado passar pela linha dos 10 metros no seu retorno (STEWART; TURNER; MILLER, 2014). O teste é indicado para: preparação física; treinamento desportivo; reabilitação física; ou como dados para pesquisa científica.



Fonte: Sopa e Dan-Alexandru (2015).

Illinois Agility

Primeiramente, deve ser estruturado um retângulo com a área de 10 x 5 metros; em seguida, devem ser posicionados 4 cones na região central do retângulo e 4 cones nas extremidades. Na região central, os cones devem ser separados com uma distância de 3,3 metros no eixo vertical e 2,5 metros no eixo horizontal. Já os das extremidades devem ser utilizados com uma distância de 10 metros. Antes da realização do teste, os avaliadores devem utilizar duas tentativas como familiarização e aquecimento; em seguida, os avaliados devem ficar em decúbito ventral e, após o comando do avaliador, levantar-se rapidamente e deslocar-se até o primeiro cone central realizando o movimento de *zig-zag* em direção ao quarto cone central, e seguindo para o primeiro. Posteriormente, realizando os movimentos citados anteriormente, os participantes partirão para o terceiro cone central e seguindo para o último cone localizado no eixo vertical. No total, duas tentativas serão realizadas com o intervalo mínimo de 2 minutos. O tempo da cronometragem deve ser estabelecido em décimos de segundos (VESCOVI; MCGUIGAN, 2008).

Sexo	Excelente	Acima da média	Média	Abaixo da média	Ruim
Masculino	<15,2 seg	15,2 - 16,1 seg	16,2 - 18,1 seg	18,2 - 19,3 seg	>19,3 seg
Feminino	<17,2 seg	17,0 - 17,9 seg	18,0 - 21,7 seg	21,8 - 23,0 seg	>23,0 seg

Tabela 5: Classificação dos resultados em relação ao nível de condicionamento entre jovens de 16-19 anos para ambos os sexos

Fonte: Vescovi; Mcguigan, 2008.

Quickfeet test

Neste teste de agilidade, o sujeito avaliado correrá o mais rápido possível ao longo de uma escada de corda de 20 degraus, colocando somente um pé em cada vaga, sem tocar nos degraus. O teste se inicia com o sinal do avaliador, e a contagem do tempo começará quando o pé do sujeito tocar o solo entre o primeiro e segundo degrau. O avaliador irá parar a contagem do tempo quando o contato do pé for feito com o solo além do último degrau. O tempo é registrado em segundos (MACKENZIE, 2000).

T-Test Agility

A princípio, os avaliadores devem determinar uma área com 5 metros no eixo horizontal e vertical, respectivamente. No eixo horizontal, são posicionados três cones separados com uma distância de 2,5 metros. No eixo vertical, com um distanciamento de 5 metros, deve ser posicionado o quarto cone. Após a familiarização e o aquecimento, o teste inicia-se da seguinte forma: i) no eixo horizontal, o participante desloca-se em corrida em alta velocidade em direção ao cone central, realizando um giro de 90° para a direita; ii) em seguida, corre em direção ao terceiro cone e realiza o retorno em 180°; iii) o percurso continua até o cone central localizado no eixo vertical; IV) o participante retorna ao cone central do eixo horizontal realizando o retorno no cone em 180°; V) finalizando a prática, o avaliado retorna no sentido da direita em alta velocidade e realizando um giro 90° até o cone inicial, finalizando o teste. No total, duas tentativas serão realizadas com o intervalo mínimo de 2 minutos. O tempo da cronometragem deve ser estabelecido em décimos de segundos (OLIVEIRA, 2017).

Considerações finais

Este capítulo buscou alternativas para mensuração de diferentes capacidades físicas relacionadas ao sistema neuromuscular. A princípio, essas informações são relevantes para treinadores, técnicos, profissionais de educação física e fisioterapeutas que busquem avaliações confiáveis para diversos públicos, como idosos, atletas, praticantes regulares de atividade física e crianças. Por fim, acreditamos que este capítulo gere ótimos resultados, considerando a aplicabilidade prática dos profissionais da grande área da saúde.

Referências

ABERNETHY, P.; WILSON, G.; LOGAN, P. Strength and Power Assessment: Issues, Controversies and Challenges. **Sports Medicine**, v. 19, n. 6, p. 401–417, 1995.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.

ANDERSEN, R. E.; MONTGOMERY, D. L.; TURCOTTE, R. A. An on-site test battery to evaluate giant slalom skiing performance. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 30, n. 3, p. 276–282, set. 1990.

AZEVEDO, A. B. C. *et al.* Application for mobile devices is a valid alternative for vertical jump height measurement in fighters. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 12, n. 2, p. 83–87, 2019.

AZEVEDO, Antenor Barbosa Calandrini *et al.* Respostas neuromusculares ao treinamento resistido de alta intensidade (HIRT). **Pensar a Prática**, v. 22, p. 1–11, 2019.

BAKER, D. Using full acceleration and velocity-dependant exercises to enhance power training. **Strength and Conditioning Coach**, v. 15, n. 2, p. 16–21, 2007.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. *et al.* The Concurrent Validity and Reliability of a Low-Cost, High-Speed Camera-Based Method for Measuring the Flight Time of Vertical Jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 2, p. 528–533, fev. 2014.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 15, p. 1574–1579, 2015.

BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, 1983.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, p. 1–21, 2001.

BULTEN, R.; KING-DOWLING, S.; CAIRNEY, J. Assessing the Validity of Standing Long Jump to Predict Muscle Power in Children with and Without Motor Delays. **Pediatric exercise science**, p. 1–6, jun. 2019.

CHAALALI, A. *et al.* Agility training in young elite soccer players: promising results compared to change of direction drills. **Biology of sport**, v. 33, n. 4, p. 345–351, dez. 2016.

CLAUDINO, J. G. *et al.* The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 4, p. 397–402, 2017.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 41, n. 1, p. 17–38, jan. 2011.

CRUZ-JENTOFT, A. J.; SAYER, A. A. Sarcopenia. **The Lancet**, v. 393, n. 10191, p. 2636–2646, 2019.

DE SANTANA, F. S. *et al.* Avaliação da capacidade funcional em pacientes com artrite reumatoide: implicações para a recomendação de exercícios físicos. **Revista Brasileira de Reumatologia**, p. 1–17, 2014.

DIAS, R. K. N. *et al.* Cluster-sets resistance training induce similar functional and strength improvements than the traditional method in postmenopausal and elderly women. **Experimental Gerontology**, v. 138, n. April, p. 111011, 2020.

ENOKA, R. M. *et al.* Mechanisms that contribute to differences in motor performance between young and old adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 1, p. 1–12, 2003.

FAGERLUND, M. J.; ERIKSSON, L. I. Current concepts in neuromuscular transmission. **British Journal of Anaesthesia**, v. 103, n. 1, p. 108–114, 2009.

FARIAS, D. L. *et al.* Reliability of Vertical Jump Performance evaluated with contact mat in elderly women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 33, n. 4, p. 288–292, 2013.

GOLDING, L.; SINNING, W. Y' s Way to Physical Fitness: The Complete Guide to Fitness Testing and Instruction: YMCA of the USA. **Champaign, IL**: Human Kinetics Publishers, 1989.

GOMES, M. M. *et al.* Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: Comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 4, p. 392–399, 2009.

GRGIC, J. *et al.* Test-Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. **Sports medicine - open**, v. 6, n. 1, p. 31, jul. 2020.

GUARIGLIA, D. A. *et al.* Avaliação da confiabilidade e usabilidade de três diferentes programas computacionais para a análise fotogramétrica do ângulo de flexão de quadril. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 3, p. 247–251, 2011.

GUEDES, D. P. *et al.* Atividade física habitual e aptidão física relacionada à saúde em adolescentes. **Rev. bras. ciênc***. mov*, v. 10, n. 1, p. 13–21, 2002.

HUNSICKER, P. A.; REIFF, G. G. AAHPER Youth Fitness Test Manual. **American Alliance for'Health, Physical Education, and Recreation.** Washington, D.C., 1976.

JARIC, S. Muscle strength testing: Use of normalisation for body size. **Sports Medicine**, v. 32, n. 10, p. 615–631, 2002.

JEONG, S.-M. *et al.* Timed up-and-go test is a useful predictor of fracture incidence. **Bone**, v. 127, p. 474–481, jul. 2019.

JOHNSON, B. L.; NELSON, J. K. **Practical Measurements for Evaluation in Physical Education**.*,* 1969.

JOHNSON, D. *et al.* relationship of lat-pull repetitions and pull-ups to maximal lat-pull and pull-up strength in men and women. **Jounal of strength and conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 1022–1028, 2009.

KOLLIAS, I.; PANOUTSAKOPOULOS, V.; PAPAIAKOVOU, G. Comparing jumping ability among athletes of various sports: vertical drop jumping from 60 centimeters**. Journal of strength conditioning research**, v. 18, n. 3, p. 50–546, 2004.

KORDI, R. *et al.* Effect of abdominal resistance exercise on abdominal subcutaneous fat of obese women: a randomized controlled trial using ultrasound imaging assessments. **Journal of manipulative and physiological therapeutics**, v. 38, n. 3, p. 203–209, 2015.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 4, p. 674–688, abr. 2004.

LESNAK, J. *et al.* Validity of hand-held dynamometry in measuring quadriceps strength and rate of torque development. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 2, p. 180–187, abr. 2019.

LITTLE, T.; WILLIAMS, A. G. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players**. Journal of Strength and Conditioning Research**, 2005.

LOTURCO, I. *et al.* Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. e0201475, 2018.

MACKENZIE, B. **Quick feet test**.

MAKHLOUF, I. *et al.* Combination of Agility and Plyometric Training Provides Similar Training Benefits as Combined Balance and Plyometric Training in Young Soccer Players. **Frontiers in physiology**, v. 9, p. 1611, 2018.

MAYHEW, J. L. *et al.* Push-ups as a measure of upper body strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 1991.

MIDDLETON, L. E.; YAFFE, K. Promising strategies for the prevention of dementia. **Archives of neurology**, v. 66, n. 10, p. 1210–1215, out. 2009.

O'MALLEY, E. *et al.* Countermovement Jump and Isokinetic Dynamometry as Measures of Rehabilitation Status After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Journal of athletic training**, v. 53, n. 7, p. 687–695, jul. 2018.

OLIVEIRA, P. C. A. Testes físicos para avaliação da agilidade: possibilidade de adaptação ao futebol. **Revista Brasileira de Futebol**, v. 8, n. 2, p. 65–76, 2017.

POLLOCK, M. L. *et al.* The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. [S.l: s.n.], 1998.

PRESTES, J. *et al.* **Prescrição e periodização do treinamento de força em Academias**. 2ed. Barueri: Manole, 2015.

RAMIREZ-CAMPILLO, R. *et al.* High-speed resistance training in elderly women: Effects of cluster training sets on functional performance and quality of life. **Experimental Gerontology**, v. 110, n. April, p. 216–222, 2018.

RICARDO, D. R.; ARAÚJO, C. G. S. DE. Teste de sentar-levantar: influência do excesso de peso corporal em adultos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 7, n. 2, p. 45–52, 2001.

RÖHRLE, O. *et al.* Multiscale modeling of the neuromuscular system: Coupling neurophysiology and skeletal muscle mechanics. **Wiley Interdisciplinary Reviews**: Systems Biology and Medicine, v. 11, n. 6, p. 1–43, 2019.

SANDAU, I.; GRANACHER, U. Effects of the Barbell Load on the Acceleration Phase during the Snatch in Elite Olympic Weightlifting. **Sports (Basel, Switzerland)**, v. 8, n. 5, maio 2020.

SATTLER, T. *et al.* Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 6, p. 1532–1538, 2012.

SHADMEHR, R.; SMITH, M. A.; KRAKAUER, J. W. Error correction, sensory prediction, and adaptation in motor control. **Annual Review of Neuroscience**, v. 33, p. 89–108, 2010.

SHEPPARD, J. M.; YOUNG, W. B. Agility literature review: classifications, training and testing. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 9, p. 919–932, set. 2006.

SHIELDS, R. K. Muscular, skeletal, and neural adaptations following spinal cord injury. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 32, n. 2, p. 65–74, 2002.

SHIGEMURA, T. *et al.* Is a portable accelerometer-based navigation system useful in total hip arthroplasty? A systematic review and meta-analysis. **Orthopaedics & traumatology, surgery & research**: OTSR, v. 107, n. 1, p. 102742, fev. 2021.

SOPA, L. S.; DAN-ALEXANDRU, S. Testing Agility and Balance in Volleyball Game. **UNEFS Bucharest**, v. XI, n. 41, p. 167, 2015.

STEWART, P. F.; TURNER, A. N.; MILLER, S. C. Reliability, factorial validity, and interrelationships of five commonly used change of direction speed tests. **Scand J Med Sci Sports**, v. 24, p. 500–506, 2014.

VESCOVI, J. D.; MCGUIGAN, M. R. Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. **Journal of sports sciences**, v. 26, n. 1, p. 97–107, jan. 2008.

WILSON, G. J.; MURPHY, A. J. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Medicine**, v. 22, n. 1, p. 19–37, 1996.

EXERCÍCIO E FUNÇÃO EXECUTIVA

Data de aceite: 06/06/2023

FELIPE PATRÍCIO PACHECO TRINDADE

LUISA MATOS DA SILVA

JOÃO BENTO-TORRES NETO

Introdução

Nos últimos anos, estudos têm indicado o forte papel de um estilo de vida fisicamente ativo para a redução no declínio cognitivo, assim como para melhorias na saúde do cérebro (ESTEBAN-CORNEJO *et al*., 2019; HILLMAN *et al*., 2008; BHERER, 2015; VALERO *et al*., 2016). O mundo enfrenta novos desafios na perspectiva de evitar o declínio cognitivo que está diretamente associado ao avanço da idade e, dessa forma, criar mecanismos de redução da incidência de doenças neurodegenerativas e evitar quadros de demência (SONG; YU, 2019). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) (2018), o Alzheimer e outras demências estão entre as dez principais causas de morte no mundo. Nesse sentido, o exercício físico, ao estimular a produção e liberação de fatores tróficos endógenos, previne a neurodegeneração dos neurônios dopaminérgicos, via inibição de processos inflamatórios, e reduz o estresse oxidativo, podendo atuar como um fator de neuroproteção ao declínio cognitivo (PALASZ *et al*., 2017)

Desse modo, pesquisas em torno dos benefícios não apenas crônicos, mas também agudos do exercício podem ser úteis para se preparar para situações em que será exigido um alto controle executivo, como tarefas complexas no trabalho, testes escolares importantes, entre outras atividades que necessitem de um maior desempenho cognitivo. Para Cabral *et al*. (2019), um bom funcionamento cognitivo está relacionado principalmente à velocidade do processamento de tarefas mentais, como organização, planejamento, raciocínio e resolução de problemas. Nessa perspectiva, estudos sugerem melhorias na memória e função executiva após uma única sessão de exercício (HILMAN *et al*., 2009; TOMPOROWSKI, 2003), uma vez

que o percentual de adultos praticantes de atividades físicas no nível recomendado diminui com o decorrer da idade, como no Brasil, onde apenas 13,6% das pessoas com mais de 60 anos praticam atividades físicas regularmente (IBGE, 2014).

A aposentadoria também implica grandes mudanças no estilo de vida individual, e é provável que afete o envolvimento em atividades que possam contribuir para manter ou melhorar o funcionamento cognitivo na velhice (BONSANG *et al.*, 2012). Adicionalmente, é preocupante o sedentarismo em adultos jovens, pois estão inseridos cada vez mais cedo no mercado de trabalho e, devido ao acúmulo de tarefas em função das exigências do mundo moderno, o tempo destinado para as atividades físicas tem sido reduzido. Diante disso, as evidências sugerem que existem associações positivas entre atividade física, condicionamento físico, cognição e desempenho acadêmico (DONNELLY *et al.*, 2016).

O papel da função executiva para o ser humano é imprescindível, por ser uma habilidade que controla funções cognitivas básicas como controle executivo, planejamento, agendamento, memória operacional, controle de interferência e coordenação de tarefas (COETSSE e TERBLANCHE, 2017). Dessa forma, o objetivo desta revisão é elucidar os benefícios dos efeitos agudos do exercício sobre a função executiva e os mecanismos subjacentes pelos quais eles ocorrem.

Função Executiva

A função executiva, que também pode ser chamada de controle executivo ou cognitivo, está relacionada com o comportamento direcionado e manutenção de objetivo, composto por controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva (MIYAKE *et al.*, 2000; BENTO-TORRES *et al.*, 2019). Segundo Luna (2009), o cérebro não possui maturação uniforme, e certas estruturas como córtex pré-frontal e hipocampo demoram a se desenvolver, bem como suas funções cognitivas subjacentes. Nesse sentido, o controle cognitivo atinge sua maturidade na terceira década de vida e é mediado pelo córtex pré-frontal.

A memória de trabalho é a capacidade de reter informações por um curto período, sendo considerada um importante domínio para o desempenho acadêmico (SJÖWALL *et al.*, 2019), enquanto o controle inibitório é a capacidade de reter informações relevantes e descartar as irrelevantes. A flexibilidade cognitiva, que também é denominada de flexibilidade mental, é a capacidade de adaptar o desempenho à mudança do conjunto de regras (PINDUS *et al.*, 2019).

A função executiva tem sido bastante utilizada como pano de fundo de muitas pesquisas, por estarem relacionadas com a saúde física e mental (MILLER; BARNES; BEAVER, 2011), sucesso durante a vida (BORELLA; CARRETTI; PELEGRINA, 2010) e desenvolvimento social, psicológico e cognitivo (DIAMOND, 2009). As pesquisas que relacionam função executiva e exercício físico têm seguido um caminho de contextualização

por faixa etária, pois, como dito anteriormente, o seu processo de maturação se concretiza na fase adulta, estando em desenvolvimento na fase da infância e adolescência devido ao aumento da neuroplasticidade (PINDUS *et al*., 2019), chegando à maturação no início da fase adulta (WESTFALL *et. al*., 2018) e declinando na senescência (ERICKSON *et al*., 2019).

Segundo Pindus *et al*. (2019), mais de 80% da população infantil é fisicamente inativa, sendo a causa não apenas de doenças crônicas, como também de um desenvolvimento cerebral abaixo do esperado. Dada a importância do desenvolvimento das funções executivas, principalmente no que diz respeito à memória de trabalho e controle inibitório, seu estudo relacionou níveis de atividade física com controle cognitivo e constatou-se que curtos períodos de atividade vigorosa produzem benefícios na velocidade de processamento cognitivo, reforçando a tendência de incorporar mais atividade física no contexto escolar, pois ela teria efeito positivo sobre as funções executivas (SJÖWALL *et al*., 2019).

Diferentemente da infância, o processo de senescência é natural e traz consigo consequências, como sarcopenia, síndrome metabólica, obesidade, maior risco de doenças cardiovasculares, disfunção mitocondrial e, consequentemente, maior inflamação, estresse oxidativo, comprometimento cerebral e cognitivo (SALLAM; LAHER, 2016). De acordo com Park e Reuter-Lorenz (2009), a memória de trabalho é particularmente susceptível a quedas abruptas com a idade, afetando o controle cognitivo em adultos mais velhos. Esses prejuízos são associados também a distúrbios comportamentais, afetando a qualidade de vida e a independência funcional (CHEN *et al*., 2019).

Para Ludyga *et al.* (2016), o desempenho nas funções executivas difere nas distintas faixas etárias, seguindo o padrão de U invertido, em que as idades iniciais e mais avançadas teriam menor desempenho das funções executivas se comparadas à idade adulta. Esta, por sua vez, é a fase com melhor desempenho, corroborando o exposto por Luna (2009) sobre a maturação do controle cognitivo. No âmbito do exercício físico, as diferenças entre faixas etárias também se mostram evidentes, pois apesar dos efeitos agudos do exercício aeróbico sobre a função executiva serem positivos, são de magnitudes diferentes conforme a faixa etária, sendo mais evidentes em crianças, adolescentes e idosos. Essa capacidade cognitiva parece estar mais suscetível a estímulos nas fases em que se encontra em mudança nos estágios de desenvolvimento (LUDYGA *et al*., 2016).

Mecanismos subjacentes

É importante ressaltar o papel da atividade física na saúde do cérebro e seus benefícios para a população, especialmente em idosos. Há necessidade de um maior número de pesquisa em torno do tema, para explorar os mecanismos que promovem alterações benéficas para a saúde cerebral e cognitiva em seres humanos. Segundo Raichlen e Alexander (2017), a sociedade tem passado por longos períodos de inatividade,

que podem levar a doenças crônicas e degenerativas, ocasionando consequências relevantes no contexto do envelhecimento, mas também são extremamente relevantes no processo de desenvolvimento estudantil de crianças e adolescentes.

Ahn e Fedewa (2011) relatam, em sua metanálise, melhorias significativas em decorrência da prática de atividade física, na saúde mental e no domínio do funcionamento cognitivo, principalmente no controle inibitório nos resultados de saúde mental de crianças. Corroborando, Reigal *et al.* (2020) demonstraram que o nível de aptidão física em adolescentes está relacionado à atenção e concentração, sugerindo que uma melhora no desempenho físico pode ser um procedimento adequado para o desenvolvimento de algumas funções cognitivas durante a adolescência. Outros efeitos no cérebro, com maiores ajustes em crianças e pré-adolescentes em decorrência da atividade física, são maiores volumes de massa cinzenta no hipocampo e menor espessura de massa cinzenta no córtex frontal (CHADDOCK *et al.*, 2010; CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2015).

São muitos os mecanismos que promovem melhorias cerebrais. Alguns estudos, como de Stillman *et al.* (2016), os dividem em mecanismos celulares e moleculares, enfatizando os mediadores entre atividade física e a função neurocognitiva. Dentre os mecanismos que promovem melhorias cerebrais, destacamos: a neuroplasticidade, a neurogênese, a sinaptogênese, os fatores tróficos e a conectividade cerebral (CABRAL *et al.*, 2019).

Neuroplasticidade sináptica

A neuroplasticidade refere-se à capacidade dos neurônios de modificar alguma propriedade funcional em resposta a alterações em cascata de elementos individuais que diferem de sistema para sistema, modificando a conectividade neural e função cerebral em resposta a mudanças nas demandas físicas, mentais e ambientais ao longo da vida (SHAW, LANIUS e VAN DEN DOEL, 1994; BALLESTEROS *et al.*, 2015). Essa capacidade de mudança e adaptação do nosso sistema nervoso é regulada em função da idade. Segundo Lent (2010), a plasticidade é maior durante o nosso crescimento, e ao chegar à fase adulta sofre um declínio gradativo, por isso, tentar frear a perda de plasticidade é tão importante para o envelhecimento humano e para a saúde do cérebro. São cinco os tipos de plasticidade conhecidas: plasticidade axônica, dendrítica, somática, sináptica e a regeneração).

A neuroplasticidade sináptica é tida como mudanças duradouras na eficácia das conexões sinápticas em função da potenciação de longo prazo (LTP), que promove a transmissão química sináptica de sinal entre dois neurônios e da depressão de longa duração (LTD), que é o processo inverso para LTP e resulta em uma diminuição duradoura da eficácia sináptica (COOKE; BLISS, 2006). E é a partir do LTP que podemos explicar a atividade sináptica. Evidências sugerem que o exercício de alta intensidade pode ser

superior para estimular a plasticidade sináptica comparativamente às baixas intensidades ou exercícios contínuos de intensidade moderada (LUDYGA *et al.*, 2016). Em resumo, essa forma de exercício é mais eficaz para elevar os níveis de fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), que é um importante fator molecular subjacente do LTP. Além disso, um único episódio de ciclismo intervalado em alta intensidade pode reduzir a inibição cortical e melhorar a responsividade ao estímulo associativo (ANDREWS *et al.*, 2019). Esse exercício intervalado de alta intensidade também excede a capacidade de uma pessoa para manter um estado de equilíbrio e está associado com a acumulação de lactato, que atravessa a barreira sangue-cérebro, sendo uma molécula de sinalização conhecida para a plasticidade sináptica (ANDREWS *et al.*, 2019).

Sinaptogênese e Neurogênese

A sinaptogênese é um processo que envolve a formação de um local de liberação de neurotransmissores no neurônio pré-sináptico e um campo receptivo nos parceiros pós-sinápticos, além do alinhamento das especializações pré e pós-sinápticas (JIN, 2005). Para promover a sinaptogênese e regular a conectividade sináptica, um componente estrutural importante e funcionalmente integrado das sinapses, o astrócito, secreta proteínas, lipídios e pequenas moléculas que se ligam a receptores neuronais (BALDWIN; EROGLU, 2017).

Devido ao papel multifuncional dos astrócitos no sistema nervoso central, eles podem afetar a atividade neuronal, modular a plasticidade e participar da regeneração desse sistema após uma lesão cerebral. Zhou *et al.* (2020) descreveram os papéis específicos dos astrócitos na plasticidade e reconstrução neuronal, incluindo neurogênese, sinaptogênese, angiogênese, reparo da barreira hematoencefálica e formação de cicatriz glial após uma lesão cerebral traumática. À medida que a resposta inflamatória progride, progenitores astrogliais locais ao redor do tecido lesionado formam uma cicatriz glial que isola a área lesada, contém a disseminação de células inflamatórias, proporciona um ambiente favorável aos neurônios sobreviventes e mantém a integridade da barreira hematoencefálica (ZHOU *et al.*, 2020).

A neurogênese, a nível celular, é a criação de novos neurônios e também um dos mecanismos relacionados à mediação exercício-cognição que são mais replicados. Além disso, a definição mais aceita é de se trata de um mecanismo viável subjacente de aprendizagem e melhoria de memória (STILLMAN *et al.*, 2016). Estudos mostram que neurônios nascidos em adultos estão ligados aos circuitos do hipocampo por vias sinápticas, sugerindo que eles são funcionais e que podem estar envolvidos na mediação de interações com o ambiente (CAMERON; GLOVER, 2015). Desse modo, alterações no hipocampo, com o avançar da idade, podem promover declínio cognitivo. Praag *et al.* (2005) demonstraram que é possível reverter o declínio na neurogênese com exercício em roedores idosos (19 meses) em 50% e houve um aumento na gliogênese em 20%, acompanhado

por uma melhora na aprendizagem espacial, quando comparado com roedores de controle sedentários. E não houve diferenças na morfologia fina dos novos neurônios, indicando que a maturação inicial dos neurônios não foi afetada pelo envelhecimento.

Outro fator associado à modulação de neurogênese no hipocampo adulto é a obesidade. Evidências sugerem que há associação com disfunção cognitiva, em que alterações no aprendizado e na expressão flexível da memória são acompanhadas por mudanças no número de células neuronais em diferentes estágios de maturação e que sofrem efeitos negativos de dietas hiperlipídicas (KLEIN *et al*., 2016). Nesse caso, o exercício mostra-se como potencial abordagem preventiva. Há descobertas recentes que indicam que, ao contrário do que se pensava anteriormente, a neurogênese e a neuroplasticidade podem ocorrer na idade adulta até pelo menos a oitava década, no hipocampo, como demonstrado por restauração das funções cognitivas, pela melhoria da plasticidade sináptica e pela melhoria da angiogênese (LEI *et al*., 2019).

Fatores tróficos

Os fatores tróficos trabalham de forma combinada para modular as melhorias cognitivas induzidas pelo exercício. Os mais comumente discutidos que apoiam a cognição incluem o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), o fator de crescimento endotelial vascular (VEGF) e o fator de crescimento semelhante à insulina-1 (IGF-1) (CABRAL *et al*., 2019). O BDNF é um mediador bem caracterizado de crescimento neuronal, plasticidade e sobrevivência, portanto, desempenha um papel fundamental na neuroplasticidade induzida pelo exercício, pois se acredita que o receptor de BDNF se ligue com o receptor da tropomiosina quinase B (TrkB), aumentando os níveis de fosforilação cAMP da ligação do elemento de resposta (CREB) e a tradução de proteínas relacionadas à plasticidade sináptica, aprimorando, assim, a neuroplasticidade (LIN; TSAI; KUO, 2018).

Assim como o BDNF, o IGF-1 também é um mediador de melhorias cognitivas induzidas pelo exercício, e existe uma relação interdependente entre eles, que envolve outras moléculas e cascatas. Após o exercício, apresenta-se aumento de sua expressão no hipocampo, e, caso haja bloqueio dos receptores de IGF-1, o BDNF será possivelmente reduzido (STILLMAN *et al*., 2016; DING *et al*., 2006). Ele também tem um papel importante na plasticidade neuronal, atuando na regulação do crescimento e diferenciação nervosa; na síntese e liberação de neurotransmissores; na potencialização das sinapses do hipocampo; no aprendizado e na memória (DING *et al*., 2006).

Um estudo de Heaney, Carroll e Phillips (2011) demonstrou os benefícios de uma única sessão de exercício agudo no desempenho cognitivo, os quais poderiam ser atribuídos a uma diminuição dos níveis de cortisol, que é um hormônio glicocorticoide produzido em resposta ao estresse por um trabalho conjunto do hipotálamo, da glândula pituitária e das adrenais. Embora este trabalho tenha demonstrado que o cortisol pode

modular positivamente o desempenho cognitivo envolvendo funções executivas em níveis moderados de exercício como controle inibitório, atenção e memória, níveis altamente elevados de cortisol (exercício intenso) podem interferir nas funções cognitivas, que são, em grande parte, dependentes de redes pré-frontais e do hipocampo (TSAI *et al.*, 2014).

Conectividade Sináptica

As diversas regiões do cérebro humano trabalham em sincronia, mesmo anatomicamente separadas. A conectividade sináptica foi definida por Kandel *et al.* (2014) como rede neural, a qual desempenha um papel importante nas pesquisas acerca da saúde do cérebro. Isso porque, com o avançar da idade, ocorrem mudanças no grau de conectividade dessas redes neurais, apresentando um comprometimento da comunicação neural inter-hemisférica entre áreas corticais espacialmente distantes, levando ao declínio cognitivo. A força da conectividade funcional de rede segue uma forma inversa de U, que é mais forte na idade adulta e mais baixa em crianças e idosos (MAK *et al.*, 2017).

Estudos com treinamento aeróbico apresentaram resultados positivos, como maior eficiência das redes neurais, maior interconectividade hipocampal com o córtex cingulado anterior e maior plasticidade das redes neurais, sendo a melhora na aptidão física.

Hipoteticamente, a causa desses resultados (SMITH *et al.*, 2013; BURDETTE *et al.*, 2010; VOSS *et al.*, 2010; COLCOMBE, 2004). Contudo, a maioria dos achados demonstrou melhores resultados em intervenções com exercícios crônicos nesse quesito.

Comentários

Atualmente, o papel do exercício físico tem sido amplamente estudado, muito por conta dos resultados positivos que ele apresenta em relação à saúde e qualidade de vida. O exercício físico já é considerado como uma alternativa não farmacológica para o tratamento e prevenção de várias doenças, ou mesmo para retardar o processo natural de envelhecimento. No que concerne à função executiva, estudos têm sido realizados, tendo como pano de fundo os efeitos do exercício físico para a saúde cognitiva, seja potencializando a função executiva na infância até a idade adulta, ou retardando os processos neurodegenerativos decorrentes da senescência. Contudo, ainda há lacunas a serem preenchidas em pesquisas futuras, principalmente a respeito da dosagem de exercícios, bem como os diferentes efeitos de diferentes tipos de exercícios para faixas etárias distintas.

Referências

ANDREWS, S. C.; CURTIN, D.; HAWI, Z.; *et al.* Intensity matters: High-intensity interval exercise enhances motor cortex plasticity more than moderate exercise. **Cerebral Cortex**, 00: 1–12, 2019.

AHN, S.; FEDEWA, A. L. A Meta-Analysis of the Relationship Between Children's Physical Activity and Mental Health. **J Pediatr Psychol**, 36(4):385-97, 2011.

BALDWIN, K. T.; EROGLU, C. Molecular mechanisms of astrocyte-induced synaptogenesis. **Current Opinion in Neurobiology**, 45, 113–120, 2017.

BALLESTEROS, S.; KRAFT, E.; SANTANA, S.; *et al*. Maintaining older brain functionality: A targeted review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, 55, 453–477, 2015.

BENTO-TORRES, J.; BENTO-TORRES, N. V. O; STILLMAN, C. M.; *et al*. Associations between cardiorespiratory fitness, physical activity, intraindividual variability in behavior, and cingulate cortex in younger adults. **Journal of Sport and Health Science**, Volume 8, Issue 4, July, Pages 315-324, 2019.

BHERER, L. Cognitive plasticity in older adults: effects of cognitive training and physical exercise. **Annals of the New York Academy of Sciences**; 1337:1-6, 2015.

BONSANG, E.; ADAM, S.; PERELMAN, S. Does retirement affect cognitive functioning? **Journal of Health Economics**, n. 31, p.490-501, 2012.

BORELLA, E., CARRETTI, B.; PELEGRINA, S. The specific role of inhibition in reading comprehension in good and poor comprehenders. **Journal of Learning Disabilities**, n.43, 541–552, 2010.

BURDETTE, J. H.; LAURIENTI, P. J.; ESPELAND, M. A.; *et al*. Using network science to evaluate exercise-associated brain changes in older adults. **Front Aging Neurosci**. 2:1–10, 2010.

CABRAL, D. F.; RICE, J.; MORRIS, T. P.; *et al*. Exercise for brain health: An investigation into the underlying mechanisms guided by dose. **Neurotherapeutics**, 2019.

CAMERON, H. A.; GLOVER, L. R. Adult Neurogenesis: Beyond Learning and Memory. **Annual Review of Psychology**, 66(1), 53–81, 2015.

CHADDOCK, L.; ERICKSON, K. I.; PRAKASH, R. S.; *et al*. A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. **Brain Research**, 1358, 172–183, 2010.

CHADDOCK-HEYMAN, L.; ERICKSON, K. I.; KIENZLER, C.; *et al*. The Role of Aerobic Fitness in Cortical Thickness and Mathematics Achievement in Preadolescent Children. **PLOS ONE**, 10(8), e0134115, 2015.

CHEN, F.T.; CHEN, Y; SCHNEIDER, S;. *et al*. Effects of Exercise Modes on Neural Processing of Working Memory in Late Middle-Aged Adults: An fMRI. **Frontiers in Aging Neuroscience**, 2019.

COLCOMBE, S. J.; KRAMER, A. F.; ERICKSON, K. I.; *et al*. Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. **Proc Natl Acad Sci**.101:3316–3321, 2004.

COOKE, S. F.; BLISS, T. V. P. Plasticity in the human central nervous system. **Brain**, n.129, 1659–1673, 2006.

DIAMOND, A. All or none hypothesis: A global-default mode that characterizes the brain and mind. **Developmental Psychology**, n. 45, 130–138, 2009.

DING, Q.; VAYNMAN, M.; YING, Z.; *et al.* Insulin-like growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induces cognitive function. **Neuroscience**, n.140, 823-833, 2006.

DONNELLY, J. E.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, Jun; 48(6):1197-222, 2016.

HEANEY, J. L. J.; CARROLL, D.; PHILLIPS, A. C. DHEA, DHEA-S and cortisol responses to acute exercise in older adults in relation to exercise training status and sex. **Age**, n.35, 395-405, 2011.

HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M.; BUCK, S. M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, n. 37, 2005.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nature Reviews Neuroscience**, 9(1), 58–65, 2008.

HILLMAN, C. H.; KAMIJO, K.; SCUDDER, M. A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. **Preventive Medicine**, n. 52, S21–S28. 2011.

KAMIJO, K.; HAYASHI, Y.; SAKAI, T.: *et al.* Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. **Journals of Gerontology**, n. 64, 356–363, 2009.

KAMIJO, K.; NISHIHIRA, Y.; HIGASHIURA, T.; *et al.* The interactive effect of exercise intensity and task difficulty on human cognitive processing. **International Journal of Psychophysiology**, n. 65, 114–121, 2007.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. *et al.* **Princípios da neurociência**. 5ª ed. Porto Alegre: Amgh Editora, 5ed., 2014.

KASHIHARA, K.; MARUYAMA, T.; MUROTA, M.; *et al.* Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. **Journal of Physiological Anthropology**, n. 28, 155–164, 2009.

KLEIN, C.; JONAS, W.; IGGENA, D.; *et al.* Exercise prevents high-fat diet-induced impairment of flexible memory expression in the water maze and modulates adult hippocampal neurogenesis in mice. **Neuro of learning and memory**, 2016.

LEI, X.; WU, Y.; XU, M.; *et al.* Physical exercise: bulking up neurogenesis in human adults. **Cell biosci**, n 9:74, 2019.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência., 2ed. Atheneu, 2ed., 2010.

LIN, T-W.; TSAI, S-F.; KUO, Y-M. Physical exercise enhances neuroplasticity and delays Alzheimer's disease. **Brain Plasticity**, n.4, 95-110, 2018.

LUDYGA, S.; GERBER, M.; BRAND, S.; *et al.* Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. **Psychophysiology**, n.00, 2016.

LUNA, B. Developmental changes in cognitive control through adolescence. **Adv. Child Dev. Behav**., n 37, 2009.

MAK, L. E.; MINUZZI, L; MACQUEEN, G; . *et al*. The Default Mode Network in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Brain Connect**. 7(1):25-33, 2017.

MILLER, H. V.; BARNES, J. C.; BEAVER, K. M. Self-control and health outcomes in a nationally representative sample. **American Journal of Health Behavior**, n. 35, 15–27, 2011.

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P.; EMERSON, M. J.; *et al*. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex ''frontal lobe'' tasks: a latent variable analysis. **Cogn. Psychol**., Aug;41(1):49-100, 2000.

OPAS. Organização Pan-Americana de saúde. **10 principais causas de morte no mundo**. 2016. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5638:10-principais-causas-de-morte-no-mundo&Itemid=0. Acessado em: 17 de Outubro de 2019Acesso em: 17 ou. 2019.

PARK, D. C; REUTER-LORENZ, P. The Adaptive Brain: Aging and Neurocognitive Scaffolding. **Annu. Rev. Psychol**. 60:173-96, 2009.

PINDUS, D. M; DROLLETTE, E. S.; RAINE, L. B *et al*. Moving fast, thinking fast: The relations of physical activity levels and bouts to neuroelectric indices of inhibitory control in preadolescents. **Journal of Sport and Health Science**. n 8, 301-314, 2019.

SALLAM, N.; LAHER, I. Exercise modulates oxidative stress and inflammation in aging and cardiovascular diseases. **Oxid. Med. Cell. Longev.** 2016.

SHAW, C. A.; LANIUS, R. A.; VAN DEN DOEL, K. The origin of synaptic neuroplasticity: crucial molecules or a dynamical cascade? **Brain Research Reviews**, 19(3), 241–263, 1994.

SJÖWALL, D.; THORELL, L. B.; MANDIC, M; . *et al*. No effects of a long-term physical activity intervention on executive functioning among adolescents. **SAGE open Med**. 2019.

SMITH, J. C.; NIELSON, K. A; WOODARD, J. L.; *et al*. Physical activity and brain function in older adults at increased risk for Alzheimer's disease. **Brain Sci**. 3:54–83, 2013.

STILLMAN, C. M.; COHEN, J.; LEHMAN, M. E.; *et al*. Mediators of physical activity on neurocognitive function: A review at multiple levels of analysis. **Frontiers in human neuroscience**, v.10, n.626, 2016.

VERBURGH, L.; KONIGS, M.; SCHERDER, E. J. A.; *et al*. Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: A meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, 48(12), 973–979, 2014.

VOSS, M. W.; PRAKASH, R. S; ERICKSON, K. I.; *et al*. Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. **Front Aging Neurosci**. 2:1–17, 2010.

ZHOU, Y.; SHAO, A.; YAO, Y.; *et al*. Dual roles of astrocytes in plasticity and reconstruction after traumatic brain injury. **Cell Commun Signal**, 2020.

CAPÍTULO 7

ATIVIDADE FÍSICA E COGNIÇÃO

Data de aceite: 06/06/2023

ALESSANDRA MENDONÇA TOMÁS

PATRÍCIA MARTINS MORAES

NATÁLI VALIM OLIVER BENTO-TORRES

Introdução

Entende-se por cognição os processos mentais de aquisição, armazenamento, manipulação e recuperação de informações, por meio do pensamento, experiência e sentidos. Trata-se da capacidade de resolver problemas complexos, interpretar estados emocionais, perceber, reagir, processar e entender estímulos. Tais processos exigem alta hierarquia, com densa ativação cortical. Nesse sentido, a cognição é composta de tarefas como memória, aprendizado, linguagem, raciocínio, funções executivas, tempo de reação, entre outras, conforme indicado na figura 1, que exemplifica alguns domínios e processos cognitivos e seus devidos componentes subjacentes (BREED, M.D.; MOORE, 2012; CAMBRIDGE COGNITION, 2015).



Figura 1 – Exemplos de domínios e processos cognitivos e seus componentes subjacentes

Fonte: Adaptado de www.cambridgecognition.com/blog/entry/what-is-cognition.

O presente texto traz uma revisão atualizada acerca dos principais benefícios promovidos pelo exercício físico referentes à cognição. Nele, o leitor vai encontrar evidências científicas dos benefícios da prática de exercícios físicos, desde a tenra infância até a terceira idade. Neste capítulo, passearemos pelos principais domínios cognitivos que são impactados direta ou indiretamente pelo exercício físico, inicialmente no público infantil e juvenil (a partir de 6 até os 13 anos de idade e de 14 a 19 anos). Em seguida, abordaremos aspectos relevantes para adultos jovens e indivíduos de meia idade (de 20 a 64 anos), e, por fim, voltaremos nosso olhar aos idosos e longevos (a partir de 60 anos e acima de 85 anos, respectivamente).

Crianças

Durante a infância, é importante fomentar uma educação pautada na construção de hábitos saudáveis, a fim de manter um estilo de vida ativo, com a presença de atividade e exercício físico, ao longo da vida. Em recente metanálise, Greeff e colaboradores (2018) encontraram efeitos positivos agudos e crônicos da atividade física durante a infância (de 6 a 12 anos de idade) em diversas funções cognitivas e no desempenho acadêmico escolar. Dentre as medidas que se mostraram sensíveis às intervenções agudas de atividade física nessa faixa etária, podemos citar a atenção seletiva, dividida e sustentada, que apresentou efeito positivo e pequeno na ortografia, porém, sem nenhum efeito significativo em leitura e matemática. E, em se tratando do caráter crônico, os programas longitudinais de atividade física afetaram positivamente (com efeito moderado) a memória de trabalho, a flexibilidade cognitiva, a atenção seletiva e ainda melhor desempenho acadêmico (efeito pequeno a moderado) em ortografia, leitura e matemática.

Desse modo, efeitos positivos foram encontrados tanto para atividades agudas quanto para intervenções com modelos de estudo longitudinais, ou seja, que mantenham a regularidade na prática de atividade física durante maiores períodos de intervenção, o que nos sugere que podemos ter desfechos interessantes nessa população a curto, médio e longo prazo.

Erickson e colaboradores (2019) destacam o crescente número de revisões sistemáticas que relacionaram a prática de atividades físicas a desfechos positivos, tanto para a cognição quanto para o desempenho acadêmico infantil, sendo identificados benefícios consistentes, com efeito pequeno a moderado, para a função executiva, atenção e desempenho acadêmico.

Diferentes modalidades de exercício físico têm se mostrado benéficas à saúde das crianças. Contudo, no que se refere à cognição, maior corpo de evidências tem sugerido que o exercício aeróbico, praticado em intensidade moderada a vigorosa, apresenta maiores benefícios quando comparado ao exercício resistido. Portanto, para benefícios maiores à cognição de crianças, parece adequado indicar regularidade e constância na prática

de atividades físicas, priorizando, mas não em caráter exclusivo, a prática de exercícios aeróbicos de intensidade moderada a vigorosa (BEST, 2010; ERICKSON *et al*., 2019; VERBURGH *et al*., 2014). Como exemplo disso, o estudo de Davis e colaboradores (2011) demonstrou que crianças com sobrepeso aumentaram seus desempenhos em tarefas de planejamento em cerca de 33% quando comparadas àquelas que não participaram do treinamento de exercícios físicos (DAVIS *et al*., 2011).

Adolescentes

As evidências sobre os efeitos do exercício físico na cognição em adolescentes são heterogêneas, no entanto, promissoras. Segundo a revisão narrativa de Herting e Chu (2017), o exercício aeróbico e o aumento do nível de atividade física podem ser intervenções comportamentais positivas para o bom desenvolvimento do cérebro adolescente. Em consonância, o estudo de Mezcua-Hidalgo e colaboradores (2019) realizou experimento de 16 minutos de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) no início do dia escolar; o grupo controle realizou alongamento estático no mesmo período. Os adolescentes que praticaram HIIT tiveram melhor desempenho em atenção na primeira e na segunda hora após o término do exercício. Esses efeitos benéficos do exercício agudo sugerem implicações nos currículos e horários da escola, como possível inserção da aula de Educação Física nos primeiros horários ou antes de disciplinas que exijam altos níveis de atenção, para que haja melhora da concentração nas aulas, pelo menos durante duas horas após o exercício.

O nível de atividade física pode não estar relacionado ao melhor desempenho acadêmico. Foi o resultado do estudo transversal de Kalantari e Esmaeilzadeh (2016), que avaliou nível de atividade física (por meio de questionário), aptidão aeróbica (usando teste físico) e desempenho acadêmico (extraído através da média das notas nos registros escolares), em meninos adolescentes de 15 a 17 anos. Em contrapartida, a aptidão aeróbica obteve correlação positiva com o desempenho acadêmico. É provável que os adolescentes, quando têm mais momentos de atividade física, dediquem menos tempo aos estudos. Via de regra, sugere-se que a melhora da aptidão física está relacionada ao beneficiamento cognitivo. Porém, é necessário que sejam realizados estudos com delineamento longitudinal, para que seja mais bem esclarecida essa questão.

A associação do Índice de Massa Corporal (IMC) e desempenho acadêmico ainda permanece controversa. O estudo longitudinal de 1 ano de Suchert e colaboradores (2016) analisou possíveis associações entre aptidão cardiorrespiratória (utilizando estes físicos), nível de atividade física (por meio de questionários), IMC e desempenho acadêmico (usando as notas autorrelatadas dos alunos na escola). A maior aptidão cardiorrespiratória e a promoção de atividade física, na adolescência, foram associadas a melhores desempenhos acadêmicos, porém não houve associação com IMC. Em consonância, o estudo transversal de García-Hermoso e colaboradores (2017), com 36 870 adolescentes, concluiu que o efeito do acúmulo de gordura no desempenho acadêmico foi mediado pela força muscular

e aptidão cardiorrespiratória, mas não totalmente pelo IMC.

Sabe-se que o treino de força promove ganhos hipertróficos, logo, pode possibilitar aumento de peso e, consequentemente, do IMC. No entanto, isso não significa necessariamente piora de desempenho cognitivo e acadêmico, pois o treino de força também proporciona efeitos benéficos, nesse sentido, em adolescentes. É o que sugere o experimento randomizado de Harveson e colaboradores (2019), no qual jovens foram divididos, durante sete dias, em três grupos, a saber: exercício resistido, exercício aeróbico ou sem exercício. Imediatamente após cada sessão de exercício, os adolescentes realizaram testes, que avaliaram desempenho acadêmico e cognitivo. No que diz respeito à avaliação pré e pós-intervenção, o exercício resistido apresentou melhores resultados nos dois fatores avaliados; já o aeróbico obteve resultados positivos no desempenho acadêmico. Não houve diferença significativa entre as modalidades.

Portanto, parece que valores altos de peso nem sempre estão correlacionados negativamente a desempenho acadêmico e cognitivo em adolescentes, sendo mais importante a melhoria da aptidão física, como força muscular e condicionamento cardiorrespiratório. Isso corrobora os achados das recomendações realizadas por Erickson e colaboradores (2019), nos quais parece que os resultados sobre os possíveis efeitos do exercício físico na melhoria do desempenho acadêmico e cognitivo são divergentes em adolescentes.

Adultos

O sustento de um estilo de vida ativo, física e cognitivamente, aprimora a saúde e proteção cerebral. Logo, são observadas melhoras no desempenho das funções cognitivas (SMITH *et al.*, 2010). Nesse sentido, o exercício físico contempla a reserva cognitiva, principalmente quando praticado desde a idade jovem. A reserva cognitiva pode ser entendida como um mecanismo que contribui para sustentar as funções cognitivas e protegê-las contra danos encefálicos, relacionados à idade, lesões ou doenças (CHRISTIE *et al.*, 2017).

As consequências da prática de exercício físico, por adultos jovens saudáveis, ainda são controversas, o que pode ser justificado pelo fato de esse público estar no auge do seu desempenho cognitivo, restando pouco espaço para melhoras na cognição. O estudo de Dunsky e colaboradores (2017), por exemplo, avaliou, por meio de testes automatizados, os efeitos agudos dos treinamentos aeróbico e resistido, na atenção e funções executivas. Estas, segundo Roberto Lent (2010), são "um conjunto de operações mentais que organizam e direcionam os diversos domínios cognitivos categoriais para que funcionem de maneira biologicamente adaptativa". Foram encontrados melhores resultados nas funções executivas para os dois grupos, porém somente os jovens que realizaram exercício aeróbico melhoraram a atenção (DUNSKY *et al.*, 2017). Já em estudo longitudinal de 28

anos, Sabia e colaboradores (2017) avaliaram o nível de atividade física e cognição, sem encontrar diferença significativa entre as funções executivas de exercitados e sedentários. Porém, nesse estudo os testes cognitivos foram realizados com papel e caneta, o que diminui a sensibilidade para rastreio cognitivo (SOARES *et al.*, 2015). Em contraste, Chang e colaboradores (2010) conduziram um estudo por 26 anos, que foi iniciado quando os sujeitos ainda eram adultos. Aqueles que praticavam exercícios físicos apresentaram melhor desempenho nas funções executivas do que os que mantiveram estilo de vida sedentário.

O exercício físico pode provocar melhorias na memória, por mudanças na anatomia e fisiologia cerebrais. Em consonância, no estudo de Killgore e colaboradores (2013), adultos jovens saudáveis foram avaliados por meio de ressonância magnética e, os que praticavam exercício físico de forma regular, apresentaram maior volume de massa cinzenta do hipocampo (uma das principais áreas responsáveis pela memória). Todavia, logo após uma sessão de exercício, na qual os jovens foram divididos em quatro grupos (exercício leve, exercício moderado, exercício intenso e sem exercício), não houve melhora significativa, no desempenho de memória, avaliada por testes automatizados (LOPRINZI e KANE, 2015). No que diz respeito aos fatores neurotróficos, que ajudam a manter o bom funcionamento dos neurônios (LENT, 2010), há também influência pelo exercício físico. É o que sugere o estudo de Heisz e colaboradores (2018), no qual adultos jovens realizaram, durante 6 semanas, somente exercício físico ou treinamento cognitivo combinado com exercício. Ambos os grupos apresentaram melhoras na memória, com destaque para o grupo de atividades combinadas. Já em relação aos fatores neurotróficos, os indivíduos mais responsivos ao exercício (com maior aptidão física) apresentaram maiores aumentos.

Portanto, a maioria dos estudos sugere que o exercício físico pode promover melhorias no desempenho cognitivo de adultos jovens saudáveis. No entanto, como exposto aqui, alguns estudos discordam dessa ideia, fazendo com que sejam divergentes os achados sobre influências do exercício físico na cognição de adultos jovens e de meia idade. Mudanças no estilo de vida, como exercício físico, contribuem para a saúde cognitiva também em adultos de meia-idade. Corroborando essa ideia, o estudo de Marston e colaboradores (2019) realizou treinamento resistido de moderada ou alta intensidade, durante 12 semanas, com adultos de meia-idade. Ambos os grupos apresentaram melhores desempenhos de memória após o período de experimento, independente da carga de treinamento. No entanto, os mesmos autores publicaram outro estudo com o mesmo público e protocolo, avaliando os níveis de fatores neurotróficos. Não foram relatadas diferenças da linha de base para a fase pós-intervenção (MARSTON *et al.*, 2019). Rogge e colaboradores (2018) realizaram treinamento de equilíbrio ou relaxamento durante 12 semanas, com adultos saudáveis, e sugeriram que os voluntários do experimento com exercícios de equilíbrio apresentaram neuroplasticidade em regiões cerebrais associadas à localização espacial e memória. Entende-se por neuroplasticidade a capacidade de mudar

conexões cerebrais (funcional e estruturalmente) para adaptação às mudanças externas e/ ou internas (LENT, 2010).

Os níveis de fatores neurotróficos podem ter relação inversa com a prática de exercício físico em jovens. Isso é sustentado pelo estudo de De La Rosa e colaboradores (2019), porém a análise neuropsicológica relatou melhorias de memória significativas, quando comparadas a jovens sedentários. Ainda, Chen e colaboradores (2019) realizaram estudo transversal com adultos de meia-idade, praticantes de diversas modalidades de exercício, como corrida, natação, basquete, dentre outras, e foram realizados testes de memória durante ressonância magnética funcional. Os achados desse estudo mostraram que os sujeitos exercitados apresentaram melhores desempenhos nos testes de memória, independente da modalidade de exercício, e maiores ativações das áreas cerebrais responsáveis pela memória, quando comparados a seus pares sedentários. Segundo a revisão sistemática de Cox e colaboradores (2016), há quantidade baixa de estudos que avaliaram a relação entre exercício físico e cognição em jovens e adultos de meia-idade, quando comparados às crianças e idosos. Assim, nos poucos estudos incluídos nessa revisão, pode-se sugerir que funções executivas, memória e velocidade de processamento são mais bem moduladas por altos níveis de atividade física em adultos jovens e de meia-idade.

Idosos

A transição demográfica referente ao envelhecimento populacional já é uma realidade no Brasil, na América Latina e no mundo. Nas últimas décadas, os brasileiros têm envelhecido mais, ao passo que o número de idosos acima de 65 anos cresceu em torno de 49,2%, e de idosos longevos a partir de 85 anos aumentou para 65%. Estima-se que até 2030 o nosso país apresente cerca de trinta milhões de idosos em seu contingente populacional (FERRI, 2012).

Essa transição gradativa não só repercute nos reajustes dos cofres públicos, mas também exige o desenvolvimento de estratégias de enfrentamento, por meio da formulação de políticas públicas desenvolvidas para tal faixa etária. Pensar na complexidade do processo de envelhecimento traz consigo desafios aos sistemas de saúde e à sociedade como um todo, de modo que não é possível pensar em longevidade sem considerarmos a vitalidade física e cognitiva. Isso sugere a adoção de estratégias e metas, baseadas em evidências científicas, fomentando a proposta de um envelhecimento ativo e bem-sucedido, que pode ser compreendido como o processo que envolve desde o engajamento social até a otimização das oportunidades de saúde, com o fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas à medida que envelhecem (OMS, 2015).

O fator idade, por si só, demonstra ser de potencial risco para o desenvolvimento de alterações cognitivas. Dentre elas, as mais frequentemente observadas são o declínio

cognitivo leve e a demência do tipo Alzheimer. Desse modo, acima dos oitenta anos de idade, aumenta em duas vezes a probabilidade de desenvolver doenças cognitivas (ASSOCIATION, 2015). Diante desse contexto, parece necessário identificar as contribuições do exercício físico, da aptidão física e da atividade física para a vitalidade e longevidade, com a manutenção da saúde cognitiva.

Sabe-se que as evidências referentes aos benefícios do exercício físico e da atividade física nas funções cognitivas de idosos são bastante extensas (KELLY *et al*., 2014; STILLMAN *et al*., 2016). Desse modo, tem sido demonstrado que o exercício físico traz resultados satisfatórios e com baixo custo, tanto na prevenção quanto no tratamento de doenças crônicas não transmissíveis, incluindo as demências. Pedersen e colaboradores (2011) sugerem que a atividade física desencadeia uma cascata de eventos que favorecem a proteção e tratamento contra diversas doenças, dentre elas a demência. Esses benefícios estão diretamente associados aos efeitos anti-inflamatórios promovidos pela atividade física, como a liberação de citocinas anti-inflamatórias, a redução do tecido adiposo visceral e aumento da massa muscular. Durante a atividade física, as miocinas de liberação muscular estimulam o crescimento e a hipertrofia muscular, aumentam a oxidação da gordura, bem como a sensibilidade à insulina, e induzem ações anti-inflamatórias. Portanto, a ausência de atividade física favorece processos inflamatórios, que conhecidamente estão associados no idoso de modo subclínico e potencializados em sujeitos com Alzheimer.

Do ponto de vista molecular, sabe-se que o exercício físico promove o aumento do fluxo sanguíneo e, por conseguinte, aumento da atividade metabólica e de neurotrofinas – fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF); fator de crescimento endotelial vascular (VEGF); fator de crescimento semelhante a insulina do tipo I (IGF-1), que apresenta funções neuroprotetoras, podendo modular o funcionamento cognitivo em idosos. As neurotrofinas, de modo geral, e o BDNF, em particular, demonstram estar relacionados com maior plasticidade do sistema nervoso. Esta é promovida pela proliferação de células novas, mais complexas e eficientes, melhor comunicação entre as células existentes e as novas células, e formação de novos vasos sanguíneos em diferentes estruturas do cérebro, principalmente no hipocampo – região envolvida com a formação e consolidação de novas memórias –, o que, do ponto de vista funcional, pode ser observado como aumento da eficiência neural na memória e no aprendizado (LAUENROTH *et al*., 2016; STILLMAN *et al*., 2016).

Em se tratando da memória do idoso, a literatura faz inferências sobre a relação entre o volume e função do hipocampo e seus consequentes desfechos na cognição desses indivíduos. Persson e colaboradores (2016) demonstraram que reduzido volume hipocampal foi associado com pior desempenho na memória episódica – que, como o próprio nome sugere, trata-se das experiências pessoais do idoso, da sua memória autobiográfica – e menor reserva cognitiva – experiências acumuladas ao longo da vida que trazem benefícios e proteção ao funcionamento cognitivo –, de modo que a memória é

dependente de um hipocampo preservado e íntegro (WHALLEY *et al*., 2016).

Outras funções cognitivas avaliadas referem-se mais à conectividade e substância branca, como as funções de tempo de reação e tempo de movimento, em que são medidas a velocidade de resposta e de movimento após a apresentação de determinado estímulo visual. Embora pareça uma simples tarefa, ela envolve uma densa cadeia de funções frontoparietais conectadas com áreas subcorticais, que regulam desde o planejamento até a execução da ação motora (BENTO-TORRES *et al*., 2019).

Em estudo recente, Bento-Torres e colaboradores (2019) compararam os desempenhos cognitivos de duas modalidades de exercício físico praticadas por idosos saudáveis - a hidroginástica e a musculação - com o de idosos sedentários, não praticantes de exercício físico. Os autores demonstraram que a prática regular do exercício físico trouxe benefícios à cognição dos idosos, de modo que o tempo de movimento foi melhor nos indivíduos praticantes de exercício físico, independente da modalidade. Entretanto, ao analisarem especificamente o tempo de reação, por modalidades, identificaram que o grupo que praticava hidroginástica apresentou melhores resultados, quando comparados aos do grupo de musculação, o que nos sugere que existem mecanismos diferentes para a promoção de benefícios à cognição em modalidades aeróbicas e resistidas.

De modo similar, nos estudos de Hayes e colaboradores (2015), idosos com melhor aptidão física também apresentaram melhor desempenho no tempo de reação. Demonstrou-se associação entre as variáveis e a integridade da substância branca, o que promove benefícios às redes de atenção frontoparietais, prevenindo prejuízos nos lobos frontal e temporal. Benefícios provenientes de uma melhor aptidão física e condicionamento físico estão associados à melhor perfusão cerebral, assim como melhora nas funções de atenção e memória (ERICKSON *et al*., 2011). Além disso, o fortalecimento muscular avaliado em idosos praticantes do treinamento resistido contribuiu para melhora de funções executivas, quando comparada aos sujeitos sedentários (LOPRINZI *et al*., 2016).

Tomados em conjunto, os resultados das evidências científicas aqui relatadas podem nos subsidiar na compreensão de que o processo neurodegenerativo durante o envelhecimento tem um impacto inicial em gradiente fronto-occipital, o que traz prejuízos à velocidade de processamento e à função executiva, ao passo que os mecanismos neuroprotetores associados ao exercício físico, à aptidão física e à atividade física parecem beneficiar o sistema nervoso central através das redes fronto-temporo-parietais. E, ainda, contribuem com o sistema nervoso periférico, responsável pela execução de movimentos (BENNET *et al*., 2014; BENTO-TORRES *et al*., 2019; KELLY *et al*., 2014). Nesse sentido, do ponto de vista funcional, podemos traduzir tais benefícios às funções cognitivas em uma maior autonomia e vitalidade, promovendo o envelhecimento ativo e bem-sucedido desses idosos.

Conclusões

Diante dos diferentes contextos apresentados em diferentes faixas etárias, foi possível observar que tanto o exercício quanto a atividade e a aptidão física contribuem para um melhor desempenho das funções cognitivas em diferentes faixas etárias, desde a criança até o idoso. É fato que manter-se ativo ao longo da vida favorece esses benefícios. Como observado na tabela 1, na infância e na fase idosa, são recomendados exercícios de moderada a vigorosa intensidade, sendo que na primeira há destaque para o aeróbico. Já para os adolescentes e adultos, ainda não há evidência bem estabelecida na literatura até o momento, no entanto, os estudos caminham para uma correlação positiva também nessas fases da vida.

Diante do exposto, há de se convir que, mesmo com intervenções agudas de treinamento, é possível constatar resultados satisfatórios em diferentes domínios cognitivos. Sendo assim, recomendamos que o leitor se mantenha ativo ao longo de sua vida e, mesmo que não o tenha feito até o presente momento, a literatura aqui abordada sugere que nunca é tarde para dar o primeiro passo.

POPULAÇÃO	O QUE AS EVIDÊNCIAS SUGEREM?
Crianças	O exercício aeróbico, de moderada a vigorosa intensidade, melhora o desempenho acadêmico e cognitivo
Adolescentes	Evidências são limitadas para determinar os efeitos do exercício de moderada a vigorosa intensidade sobre a cognição
Adultos	Evidências insuficientes para determinar os efeitos do exercício de moderada a vigorosa intensidade sobre a cognição
Idosos	O exercício físico, de moderada a vigorosa intensidade, melhora o desempenho cognitivo

Tabela 1: Síntese das evidências de crianças a idosos

Fonte: Adaptada de Erickson e colaboradores (2019).

Referências

ASSOCIATION, A. S. Alzheimer's disease facts and figures. **Alzheimers Dement,** v. 11, n. 3, p. 332-84, Mar. 2015. ISSN 1552-5279.

BENNETT, I. J.; MADDEN, D. J. Disconnected aging: cerebral white matter integrity and age-related differences in cognition. **Neuroscience**. 2014; 276:187-205.

BIELAK, A. A. *et al.* Preserved differentiation between physical activity and cognitive performance across young, middle, and older adulthood over 8 years. **J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci,** v. 69, n. 4, p. 523-32, Jul 2014. ISSN 1758-5368.

CHANG, M.; JONSSON, P. V.; SNAEDAL, J.; BJORNSSON, S. *et al.* The effect of midlife physical activity on cognitive function among older adults: AGES--Reykjavik Study. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, 65, n. 12, p. 1369-1374, Dec 2010.

CHEN, F. T.; CHEN, Y. P.; SCHNEIDER, S.; KAO, S. C. *et al.* Effects of Exercise Modes on Neural Processing of Working Memory in Late Middle-Aged Adults: An fMRI Study. **Front Aging Neurosci**, 11, p. 224, 2019.

CHEN, L. J. *et al.* Fitness change and subsequent academic performance in adolescents. **J Sch Health,** v. 83, n. 9, p. 631-8, Sep. 2013. ISSN 1746-1561.

CHENG, S. T. Cognitive Reserve and the Prevention of Dementia: the Role of Physical and Cognitive Activities. ***Current Psychiatry Reports***, *18*(9). 2016. https://doi.org/10.1007/s11920-016-0721-2

CHRISTIE, G. J.; HAMILTON, T.; MANOR, B. D.; FARB, N. A. S. *et al.* Do Lifestyle Activities Protect Against Cognitive Decline in Aging? A Review. **Front Aging Neurosci**, 9, p. 381, 2017.

COX, E. P.; O'DWYER, N.; COOK, R.; VETTER, M. *et al.* Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. **J Sci Med Sport**, 19, n. 8, p. 616-628, Aug. 2016.

DAVIS, C. L.; TOMPOROWSKI, P. D.; MCDOWELL, J. E. *et al*. Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized Controlled Trial. **American Psychological Association.** 2011;30(1):91-98.

DAVIS, J. C. *et al*. Consensus statement from the first Economics of Physical Inactivity Consensus (EPIC) conference (Vancouver). **Br J Sports Med,** v. 48, n. 12, p. 947-51, Jun. 2014. ISSN 1473-0480.

DE GREEFF, J. W.; BOSKER, R. J.; OOSTERLAAN, J.; VISSCHER, C.; HARTMAN, E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. **J Sci Med Sport**. 2018;21(5):501–7.

DE LA ROSA, A.; SOLANA, E.; CORPAS, R.; BARTRÉS-FAZ, D. *et al.* Long-term exercise training improves memory in middle-aged men and modulates peripheral levels of BDNF and Cathepsin B. **Sci Rep**, 9, n. 1, p. 3337, Mar. 2019.

DUNSKY, A.; ABU-RUKUN, M.; TSUK, S.; DWOLATZKY, T. *et al.* The effects of a resistance vs. an aerobic single session on attention and executive functioning in adults. **PLoS One**, 12, n. 4, p. e0176092, 2017.

ERICKSON, K. I.; HILLMAN, C.; STILLMAN, C. M. *et al*. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. **Med. Sci. Sports Exerc**., Vol. 51, No. 6, pp. 1242–1251, 2019.

GARCÍA-HERMOSO, A.; ESTEBAN-CORNEJO, I.; OLLOQUEQUI, J.; RAMÍREZ-VÉLEZ, R. Cardiorespiratory Fitness and Muscular Strength as Mediators of the Influence of Fatness on Academic Achievement. **J Pediatr**, 187, p. 127-133.e123, 08 2017.

ERICKSON, K. I. *et al*. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. **Proc Natl Acad Sci U S A,** v. 108, n. 7, p. 3017-22, Feb. 2011.

ERICKSON, K. I., HILLMAN, C.; STILLMAN, C. M. *et al*. Physical activity guidelines advisory committee. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. **Med. Sci. Sports Exerc.** Vol. 51, No. 6, pp. 1242–1251, 2019.

FERRI, C. Envelhecimento populacional na América Latina: demência e transtornos relacionados. **Revista Brasileira de Psiquiatria,** v. 34, n. 4, p. 4, 2012.

HARVESON, A. T.; HANNON, J. C.; BRUSSEAU, T. A.; PODLOG, L. *et al.* Acute Exercise and Academic Achievement in Middle School Students. **Int J Environ Res Public Health**, 16, n. 19, Sep. 2019.

HAYES, S. M. *et al*. Cardiorespiratory fitness is associated with white matter integrity in aging. **Ann Clin Transl Neurol,** v. 2, n. 6, p. 688-98, Jun. 2015. ISSN 2328-9503.

HEISZ, J. J.; CLARK, I. B.; BONIN, K.; PAOLUCCI, E. M. *et al.* The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors. **J Cogn Neurosci**, 29, n. 11, p. 1895-1907, Nov. 2017a.

HEISZ, J. J.; CLARK, I. B.; BONIN, K.; PAOLUCCI, E. M. *et al.* The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors. **J Cogn Neurosci**, 29, n. 11, p. 1895-1907, Nov 2017b.

HERTING, M. M.; CHU, X. Exercise, cognition, and the adolescent brain. **Birth Defects Res**, 109, n. 20, p. 1672-1679, Dec 2017.

JACKSON, J. D.; BALOTA, D. A.; DUCHEK, J. M.; HEAD, D. White matter integrity and reaction time intraindividual variability in healthy aging and early-stage Alzheimer disease. **Neuropsychology**. 2012; 50(3):357-66.

KALANTARI, H. A.; ESMAEILZADEH, S. Association between academic achievement and physical status including physical activity, aerobic and muscular fitness tests in adolescent boys. **Environ Health Prev Med**, 21, n. 1, p. 27-33, Jan. 2016.

KELLY, M. E. *et al*. The impact of exercise on the cognitive functioning of healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. **Ageing Res Rev,** v. 16, p. 12-31, Jul. 2014. ISSN 1872-9649.

KILLGORE, W. D.; OLSON, E. A.; WEBER, M. Physical exercise habits correlate with gray matter volume of the hippocampus in healthy adult humans. **Sci Rep**, 3, p. 3457, Dec. 2013.

LANGNER, R.; EICKHOFF, S. B. Sustaining attention to simple tasks: a meta-analytic review of the neural mechanisms of vigilant attention. **Psychol Bull,** v. 139, n. 4, p. 870-900, Jul 2013. ISSN 1939-1455.

LAUENROTH, A.; IOANNIDIS, A. E.; & TEICHMANN, B. Influence of combined physical and cognitive training on cognition: A systematic review. **BMC Geriatrics**, 16(1), 21–23.2016.

LAUTENSCHLAGER, N. T.; ANSTEY, K. J.; KURZ, A. F. Non-pharmacological strategies to delay cognitive decline. **Maturitas,** v. 79, n. 2, p. 170-3, Oct. 2014. ISSN 1873-4111.

LOPRINZI, P. D. Epidemiological investigation of muscle-strengthening activities and cognitive function among older adults. **Chronic Illn**. 2016; 12 (2):157-62.

LOPRINZI, P. D.; KANE, C. J. Exercise and cognitive function: a randomized controlled trial examining acute exercise and free-living physical activity and sedentary effects. **Mayo Clin Proc**, 90, n. 4, p. 450-460, Apr. 2015.

MARSTON, K. J.; BROWN, B. M.; RAINEY-SMITH, S. R.; BIRD, S. *et al.* Twelve weeks of resistance training does not influence peripheral levels of neurotrophic growth factors or homocysteine in healthy adults: a randomized-controlled trial. **Eur J Appl Physiol**, 119, n. 10, p. 2167-2176, Oct. 2019.

MARSTON, K. J.; PEIFFER, J. J.; RAINEY-SMITH, S. R.; GORDON, N. *et al.* Resistance training enhances delayed memory in healthy middle-aged and older adults: A randomised controlled trial. **J Sci Med Sport**, 22, n. 11, p. 1226-1231, Nov. 2019.

MEZCUA-HIDALGO, A.; RUIZ-ARIZA, A.; SUÁREZ-MANZANO, S.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, E. J. 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning. **Percept Mot Skills**, 126, n. 2, p. 202-222, Apr. 2019.

PEDERSEN, B. K. Exercise-induced myokines and their role in chronic diseases. **Brain Behav Immun,** v. 25, n. 5, p. 811-6, Jul. 2011. ISSN 1090-2139.

PRAKASH, R. S. *et al*. Physical activity and cognitive vitality. **Annu Rev Psychol,** v. 66, p. 769-97, Jan. 2015. ISSN 1545-2085.

ROGGE, A. K.; RÖDER, B.; ZECH, A.; HÖTTING, K. Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions. **Neuroimage**, 179, p. 471-479, 10 2018.

SABIA, S.; DUGRAVOT, A.; DARTIGUES, J. F.; ABELL, J. *et al.* Physical activity, cognitive decline, and risk of dementia: 28 year follow-up of Whitehall II cohort study. **BMJ**, 357, p. j2709, Jun. 2017.

SMITH, P. J.; BLUMENTHAL, J. A.; HOFFMAN, B. M.; COOPER, H. *et al.* Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. **Psychosom Med**, 72, n. 3, p. 239-252, Apr. 2010.

SOARES, F. C.; OLIVEIRA, T. C. de; MACEDO, L. D. de; TOMÁS, A. M. *et al.* CANTAB object recognition and language tests to detect aging cognitive decline: an exploratory comparative study. **Clin Interv Aging**, 10, p. 37-48, 2015.

STILLMAN, C. M.; COHEN, J.; LEHMAN, M. E.; ERICKSON, K. I.; & STILLMAN, C. M. (2016). Mediators of Physical Activity on Neurocognitive Function: A Review at Multiple Levels of Analysis, **Frontiers in Human Neuroscience.** 10 (December), 1–17. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00626

SUCHERT, V.; HANEWINKEL, R.; ISENSEE, B. Longitudinal Relationships of Fitness, Physical Activity, and Weight Status With Academic Achievement in Adolescents. **J Sch Health**, 86, n. 10, p. 734-741, 10 2016.

VANNORSDALL, T. D. *et al*. Ideational fluency as a domain of human cognition. **Neuropsychology,** v. 26, n. 3, p. 400-5, May 2012. ISSN 1931-1559.

VOSS, M. W. *et al*. The influence of aerobic fitness on cerebral white matter integrity and cognitive function in older adults: results of a one-year exercise intervention. **Hum Brain Mapp,** v. 34, n. 11, p. 2972-85, Nov. 2013. ISSN 1097-0193.

ZANCHI, D.; MONTANDON, M. L.; SINANAJ, I.; RODRIGUEZ, C.; DEPOORTER, A.; HERRMANN, F. R. *et al*. Decreased Fronto-Parietal and Increased Default Mode Network Activation is Associated with Subtle Cognitive Deficits in Elderly Controls. **Neurosignals**. 2017;25(1):127-38.

CAPÍTULO 8

EXERCÍCIO E EQUILÍBRIO

Data de aceite: 06/06/2023

ANDERSON ANTUNES MORAES

GIZELE CRISTINA ALMEIDA

MANUELA BRITO DUARTE

BIANCA CALLEGARI

Introdução

A incorporação de atividades físicas no cotidiano de idosos pode gerar benefícios à saúde, incluindo aumento da flexibilidade, da resistência, da força, do equilíbrio e prevenção de desenvolvimento de doenças crônicas, como será mais bem descrito no tópico *Efeito do exercício no equilíbrio*, deste capítulo. O fortalecimento muscular e as atividades de sustentação de peso são particularmente importantes para o idoso, dado seu papel na prevenção da perda de massa muscular, óssea e habilidades funcionais relacionadas à idade (CUEVAS-TRISAN, 2017).

Embora as quedas, o déficit de equilíbrio e da marcha e as lesões secundárias decorrentes desses distúrbios ocorram com mais frequência em indivíduos idosos, eles não são uma condição inevitável do envelhecimento. Esforços recentes em pesquisas relacionadas à idade tentam definir um envelhecimento saudável (KHANUJA *et al.*, 2018). Dessa forma, o presente capítulo buscou realizar um apanhado sobre as influências do envelhecimento no equilíbrio e como o exercício pode operar como agente terapêutico, podendo aumentar a qualidade de vida de idosos.

Mecanismos fisiológicos dos sistemas de equilíbrio

A independência para realizar as atividades cotidianas é essencial em qualquer faixa etária e, entre outros fatores, depende de um bom controle postural, com o intuito de manter a estabilidade e orientação durante tarefas (BURKE *et al.*, 2012; JONSSON, 2006). A habilidade de assumir e/ou manter uma posição desejada durante atividades estáticas ou dinâmicas é a definição de controle postural, e, para

manutenção da estabilidade em resposta a uma perturbação da postura, o corpo humano faz uso de estratégias de equilíbrio (LAESSOE; VOIGT, 2008; SCHLENSTEDT *et al.*, 2017; VUILLERME; NAFATI, 2007).

O equilíbrio é definido como a capacidade de manter o centro de gravidade (GC) estável dentro dos limites da base de suporte disponível e requer constantes ajustes musculares e de posicionamento para essa manutenção (JONSSON, 2006). A postura, por sua vez, é definida como o controle do posicionamento do corpo no espaço para manutenção do equilíbrio (LAESSOE; VOIGT, 2008). Para realização dessas estratégias, é necessária a integração dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial (CHOI; HAN; LEE, 2019).

Sobre o sistema somatossensorial, esse é responsável por aferências de informações decorrentes de estímulos para o sistema nervoso central (SNC). Após análise dessas informações, são geradas respostas descendentes com o intuito de mediar correções necessárias para manutenção da estabilidade (AMIRI; MOHEBBI; KEARNEY, 2019). Os estímulos identificados pelo sistema somatossensorial são: o toque, temperatura, posição do corpo, dor, superfície de contato e ângulos das articulações. Para que sejam identificados, são necessários receptores, os quais estão distribuídos por todo o corpo (AMIRI *et al.*, 2019). Os receptores proprioceptivos estão localizados na pele, músculos e articulações e fornecem informações sobre a posição e movimento dos membros. A partir de estímulos, os sinais aferentes são gerados e processados para codificar uma resposta motora eficaz (PROSKE; GANDEVIA, 2012).

A visão fornece informações sobre o ambiente em que o indivíduo está inserido, e é um importante sistema para o equilíbrio. O reflexo vestíbulo-ocular se baseia na estabilização do olhar enquanto são realizados movimentos da cabeça e corpo, ajudando na manutenção do equilíbrio postural (SRULIJES *et al.*, 2015). O sistema visual desempenha um papel obrigatório no processamento e integração de outras aferências sensoriais para a seleção da estratégia de equilíbrio no controle da postura (AYDOǦ *et al.*, 2006).

Os sistemas somatossensorial e visual são os que contribuem com fatores mais importantes para o controle postural. Quando eles falham ou estão ausentes, o papel do sistema vestibular se torna mais importante para manutenção do equilíbrio (BHARDWAJ; VATS, 2014; CADORE *et al.*, 2013; SRULIJES *et al.*, 2015). Desse modo, o sistema vestibular permite aquisição de informações sobre a velocidade angular da cabeça, aceleração linear e orientação em relação à gravidade (MATSUGI *et al.*, 2017; QUITSCHAL *et al.*, 2014). Essas informações são transformadas em coordenadas da cabeça até os pés para o controle do equilíbrio (MACKENZIE; REYNOLDS, 2018). Todas as informações provenientes dos sistemas citados são integradas no SNC, especificamente no cerebelo, que desempenha um papel integrador no gerenciamento do equilíbrio, principalmente na área do vermis (GOETZ *et al.*, 2017).

Equilíbrio em idosos

O desenvolvimento do equilíbrio com seus componentes específicos (equilíbrio estático / dinâmico, reativo e proativo) representa um pré-requisito importante para a aquisição de habilidades motoras na juventude. Há evidências de que o treinamento de equilíbrio produz efeitos de moderado a grande nas habilidades motoras, equilíbrio e desempenho específico do esporte na juventude e tem o potencial de reduzir o risco de lesões nos membros inferiores em adolescentes saudáveis e adultos jovens (GEBEL; LÜDER; GRANACHER, 2019). No entanto, com o envelhecimento, o indivíduo tem a sua capacidade de manter o controle do equilíbrio deteriorada. Esse declínio pode ser atribuído às alterações nos sistemas somatossensorial, visual e vestibular em graus variados (CHEN *et al*., 2012).

Sabe-se, ainda, que alterações relacionadas à idade no sistema sensório-motor e neuromuscular afetam negativamente o desempenho no controle postural estático e dinâmico, mesmo em idosos saudáveis. Estudos transversais já destacaram que adultos mais velhos, mesmo que saudáveis, mostram maior deslocamentos do centro de pressão (CoP) e velocidade de oscilação em posições bipodais e unipodais sob diferentes condições (por exemplo, olhos abertos / fechados; superfície estável / instável) em comparação com adultos jovens (LESINSKI *et al*., 2015). Em um estudo, foram comparados idosos saudáveis com diferentes faixas etárias. O resultado evidenciou que os idosos, de forma geral, apresentam desequilíbrio quando a superfície é instável, isto é, quando a propriocepção está inacurada. Os idosos acima dos 80 anos tiveram um desempenho inferior estatisticamente significante em relação aos idosos mais jovens quando em superfície instável e visão normal (CAMICIOLI; PANZER; KAYE, 1997).

O declínio do equilíbrio e outras alterações físicas são comumente encontrados durante o envelhecimento. Isso pode acarretar a diminuição da capacidade física para realização de tarefas funcionais e/ou atividades de vida diária, fato este que pode diminuir a independência funcional do indivíduo. Dessa forma, ressalta-se a possibilidade do impacto negativo que a idade pode ocasionar ao aspecto físico, emocional e financeiro significativo dos indivíduos e suas famílias. O declínio no equilíbrio relacionado à idade também pode aumentar o risco de queda, contribuindo para lesões, hospitalização e perda adicional de independência (MATSON; SCHINKEL-IVY, 2020).

As lesões causadas por quedas são os principais problemas globais de saúde pública. Aproximadamente 30% das pessoas com 65 anos ou mais, que vivem na comunidade, e mais de 50% das pessoas que vivem em instalações de cuidados residenciais ou lares de idosos experimentam quedas a cada ano. O ônus das quedas e lesões causadas por elas é grande, pois pode resultar em mortalidade e morbidade significativas, redução da vida útil e da qualidade de vida e enormes custos com saúde. Os distúrbios do equilíbrio e da marcha têm sido sugeridos como a segunda principal causa de quedas, logo após

acidentes. Vários fatores contribuem para os distúrbios do equilíbrio e da marcha, dentre estes, o envelhecimento (MA *et al*., 2016).

Efeitos do exercício no equilíbrio

Como explicitado nas seções anteriores, em decorrência do envelhecimento há o declínio dos sistemas vestibular, visual, somatossensorial e motor, afetando diretamente o controle da postura, sendo a prática de exercício físico necessária na geração de modificações fisiológicas benéficas ao indivíduo que a realiza (WIECHMANN; RUZENE; NAVEGA, 2013). O exercício pode contribuir minimizando déficits de equilíbrio existentes com o aumento da força muscular. Os programas de treinamento contribuem na manutenção dos níveis ótimos da função perceptiva, melhorando o fluxo sanguíneo na região cerebral. O mesmo efeito também seria responsável por um aumento na capilarização das extremidades corporais, aprimorando a contratilidade das fibras musculares (MANN *et al*., 2009; SPIRDUSO; FRANCIS; MACRRAE, 1996).

Estudos recentes encontraram evidências de que a associação de exercício resistido e treino do sistema vestibular é mais eficaz do que o exercício resistido de forma isolada para melhorar o equilíbrio postural dinâmico, marcha, velocidade de caminhada, força muscular, mobilidade funcional e capacidade reativa, proporcionando um ambiente mais eficiente para o controle postural, o que pode ter afetado a melhoria do equilíbrio. Esses resultados evidenciam que o treino do sistema vestibular incorporando a prática de exercício físico regularmente influencia diretamente no equilíbrio dinâmico (BOHRER *et al*., 2019; CHO *et al*., 2018; CHOI *et al*., 2019). Além disso, a utilização de faixas elásticas para treinamento resistido é eficiente com adultos mais velhos, no treino sensorial e de força. Além de ser um recurso de baixo custo, possui pouco risco de lesões. Esse formato de treinamento demonstra melhora na flexibilidade, marcha e força muscular (FAHLMAN *et al*., 2011; LIN *et al*., 2015; MARTINS, 2013).

Em grupos especiais, como indivíduos com osteoporose, o exercício físico apresentou eficácia no tratamento de baixa massa óssea e, juntamente com tratamentos farmacêuticos, na osteoporose mais grave. Foram observados efeitos positivos do exercício sobre força e flexibilidade. Os exercícios resistidos, em conjunto com a vibração do corpo inteiro, e o exercício proprioceptivo parecem retardar a perda de densidade de massa óssea em mulheres na pós-menopausa (SAHNI; NIEVES, 2019). Diante do exposto, há poucas orientações ideais acerca da forma, método, duração e intensidade que os exercícios para ganho ou manutenção do equilíbrio devem ser realizados. Contudo, recomenda-se a aplicação dos exercícios de forma a variar as posições do tronco, mudanças na base de suporte, condições que desloquem o centro de pressão e que estimulem os músculos gravitacionais, além de mesclar estímulos sensoriais (MARTINS, 2013).

Nessa perspectiva, recomenda-se ainda a utilização de pesos livres, máquinas de

musculação ou resistência elástica, para manutenção, melhora da força, potência muscular e aprimoramento de habilidades funcionais. Essas vantagens são observadas quando há prática regular de exercícios (FRONTERA *et al*., 1990; HOLVIALA *et al*., 2006; LIU; LATHAM, 2009; PETERSON *et al*., 2010).

Conclui-se, então, que a maioria das evidências atuais ressalta a importância do aumento da força muscular associado a treinos que visem à integração dos sistemas sensoriais, atentando- se a empregar aumentos progressivos da complexidade das tarefas, os quais são fatores relacionados à melhora do equilíbrio postural.

Referências

AMIRI, P; MOHEBBI, A.; KEARNEY, R. Experimental Methods to Study Human Postural Control. **Journal of Visualized Experiments**: JoVE. 2019.

AYDOĞ, E.; AYDOĞ, S. T.; ÇAKCI, A.; DORAL, M. N. Dynamic Postural Stability in Blind Athletes Using the Biodex Stability System. **International Journal of Sports Medicine**. 2006.

BHARDWAJ; V; VATS, M. Effectiveness of Gaze Stability Exercises on Balance in Healthy Elderly Population Quick Response Code. **International Journal of Physiotherapy and Research**. 2014.

BOHRER, Roberta Castilhos Detanico; PEREIRA, Gleber; BECK, Joice Katiane; LODOVICO, Angélica; RODACKI, André Luiz Felix. Multicomponent Training Program with High-Speed Movement Execution of Ankle Muscles Reduces Risk of Falls in Older Adults. **Rejuvenation Research**. 2019.

BURKE, Thomaz Nogueira; FRANÇA, Fábio Jorge Renovato; MENESES, Sarah Rúbia Ferreira de; PEREIRA, Rosa Maria Rodrigues; MARQUES, Amélia Pasqual. Postural Control in Elderly Women with Osteoporosis: Comparison of Balance, Strengthening and Stretching Exercises. A Randomized Controlled Trial. **Clinical Rehabilitation**. 2012.

CADORE, Eduardo Lusa; RODRÍGUEZ-MAÑAS, Leocadio; SINCLAIR, Alan; IZQUIERDO, Mikel. Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: A Systematic Review. **Rejuvenation Research**. 2013.

CAMICIOLI, Richard; PANZER, Victoria P.; KAYE, Jeffrey. Balance in the Healthy Elderly: Posturography and Clinical Assessment. **Archives of Neurology**. 1997.

CHEN, Ellen W.; FU, Amy S. N. K.; CHAN, M.; TSANG, William W. N. Balance Control in Very Old Adults with and without Visual Impairment. **European Journal of Applied Physiology**. 2012.

CHO, Young Hee; MOHAMED, Olfat; WHITE, Barbara; SINGH-CARLSON, Savitri; KRISHNAN, Vennila. The Effects of a Multicomponent Intervention Program on Clinical Outcomes Associated with Falls in Healthy Older Adults. **Aging Clinical and Experimental Research**. 2018.

CHOI, Wonjae; HAN, Changmin; LEE, Seungwon. The Effects of Head Rotation Exercise on Postural Balance, Muscle Strength, and Gait in Older Women. **Women and Health**. 2019.

CUEVAS-TRISAN, Ramon. Balance Problems and Fall Risks in the Elderly. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**. 2017.

FAHLMAN, Mariane M.; MCNEVIN, Nancy; BOARDLEY, Debra; MORGAN, Amy; TOPP, Robert. Effects of Resistance Training on Functional Ability in Elderly Individuals. **American Journal of Health Promotion**. 2011.

FRONTERA, W. R.; MEREDITH, C. N. K.; O'Reilly, P.; Evans, W. J. Strength Training and Determinants of VO2(Max) in Older Men. **Journal of Applied Physiology**. 1990.

GEBEL, Arnd; LÜDER, Benjamin; GRANACHER, Urs. Effects of Increasing Balance Task Difficulty on Postural Sway and Muscle Activity in Healthy Adolescents. **Frontiers in Physiology**. 2019.

GOETZ, Michal; SCHWABOVA, Jaroslava Paulasova; HLAVKA, Zdenek; PTACEK, Radek; SURMAN, Craig B. H. Dynamic Balance in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder and Its Relationship with Cognitive Functions and Cerebellum. **Neuropsychiatric Disease and Treatment**. 2017.

HOLVIALA, Jarkko H. S.; SALLINEN, Janne M.; KRAEMER, William J.; ALEN, Markku J.; KEIJO, K. T. Hakkinen. Effects of Strength Training on Muscle Strength Characteristics, Functional Capabilities, and Balance in Middle-Aged and Older Women. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 2006.

JONSSON, Erika. **Effects of Healthy Aging on Balance a Quantitative Analysis of Clinical Tests.** 2006.

KHANUJA; KAVISHA; JOKI, Jaclyn; BACHMANN, Gloria; CUCCURULLO, Sara. Gait and Balance in the Aging Population: Fall Prevention Using Innovation and Technology. **Maturitas**. 2018.

LAESSOE, Uffe; VOIGT, Michael. Anticipatory Postural Control Strategies Related to Predictive Perturbations. **Gait and Posture** 28(1):62–68. 2008.

LESINSKI, Melanie; HORTOBÁGYI, Tibor; MUEHLBAUER, Thomas; GOLLHOFER, Albert; GRANACHER, Urs. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**. 2015.

LIN, S; SUNG, H; LI, T; HSIEH, T; LAN, H; PERNG, S; SMITH, G. The Effects of Tai-Chi in Conjunction with Thera-Band Resistance Exercise on Functional Fitness and Muscle Strength among Community-Based Older People. **Journal of Clinical Nursing**. 2015.

LIU, C; LATHAM, NK. Progressive Resistance Strength Training for Improving Physical Function in Older Adults. **Cochrane Database of Systematic Reviews**. 2009.

MA, Christina Zong Hao, Duo Wai Chi Wong, Wing Kai Lam; WAN, Anson Hong Ping; LEE, Winson Chiu Chun. Balance Improvement Effects of Biofeedback Systems with State-of-the-Art Wearable Sensors: A Systematic Review. **Sensors (Switzerland).** 2016.

MACKENZIE, Stuart W.; REYNOLDS, Raymond F. Differential Effects of Vision upon the Accuracy and Precision of Vestibular-Evoked Balance Responses. **Journal of Physiology**. 2018.

MANN, Luana; KLEINPAUL, Julio Francisco; MOTA, Carlos Bolli; SANTOS, Saray Giovana dos. Equilíbrio Corporal e Exercícios Físicos: Uma Revisão Sistemática TT - Corporal Balance and Physical Exercises: A Systematic Review. **Motriz Rev. Educ. Fís. (Impr.)**. 2009.

MARTINS, Wagner Rodrigues. **Efeitos do Treinamento de Curta Duração com Resistência Elástica sobre a Força e Massa Muscular de Idosos Destreinados**. Tese (Doutorado Em Ciências Da Saúde) - Universidade de Brasília. 2013.

MATSON, Taylor; SCHINKEL-IVY, Alison. How Does Balance during Functional Tasks Change across Older Adulthood? **Gait and Posture**. 2020.

MATSUGI, A; UETA, Y; OKU, K; OKUNO, K; TAMARU, Y; NOMURA, S; TANAKA, H and MORI, N. Effect of Gaze-Stabilization Exercises on Vestibular Function during Postural Control. **NeuroReport.** 2017.

PETERSON, Mark D.; RHEA, Matthew R.; SEN, Ananda; GORDON, Paul M. Resistance Exercise for Muscular Strength in Older Adults: A Meta-Analysis. **Ageing Research Reviews**. 2010.

PROSKE, Uwe; GANDEVIA, Simon C. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. **Physiological Reviews**. 2012.

QUITSCHAL, Rafaela Maia; FUKUNAGA, Jackeline Yumi; GANANÇA, Maurício Malavasi; CAOVILLA, Heloísa Helena. Evaluation of Postural Control in Unilateral Vestibular Hypofunction. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**. 2014.

SAHNI, Payal; NIEVES, Jeri W. Determining the Effects of a 4-Week Structured Strength and Flexibility Exercise Program on Functional Status of Subjects with Osteoporosis. **HSS Journal** 15(3):241–46. 2019.

SCHLENSTEDT, Christian; ARNOLD, Michel; MANCINI, Martina; DEUSCHL, Günther; WEISSER, Burkhard. The Effect of Unilateral Balance Training on Postural Control of the Contralateral Limb. **Journal of Sports Sciences**. 2017.

SPIRDUSO, W.; FRANCIS, K.; MACRRAE, P. Physical Dimensions of Aging - Second Edition. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 1996.

SRULIJES, Karin; MACK, David J.; KLENK, Jochen; SCHWICKERT, Lars; IHLEN, Espen A. F.; SCHWENK, Michael; LINDEMANN, Ulrich; MEYER, Miriam; SRIJANA, K. C.; HOBERT, Markus A.; BROCKMANN, Kathrin; WURSTER, Isabel; POMPER, Jörn K.; SYNOFZIK, Matthis; SCHNEIDER, Erich; ILG, Uwe; BERG, Daniela; MAETZLER, Walter; BECKER, Clemens. Association between Vestibulo-Ocular Reflex Suppression, Balance, Gait, and Fall Risk in Ageing and Neurodegenerative Disease: Protocol of a One-Year Prospective Follow-up Study. **BMC Neurology**. 2015.

WIECHMANN, Marina Tássia; RUZENE, Juliana Rodrigues Soares; NAVEGA, Marcelo Tavella. Effects of Resistive Exercise in the Mobility, Flexibility, Muscle Strength, and Balance of the Elderly. *ConScientiae Saude*. 2013.

VUILLERME, Nicolas; NAFATI, Gilel. How Attentional Focus on Body Sway Affects Postural Control during Quiet Standing. **Psychological Research**. 2007.

OCLUSÃO VASCULAR: APTIDÃO E REABILITAÇÃO

Data de aceite: 06/06/2023

DORIEDSON BARBOSA LOPES JÚNIOR

LUANA CORREA PARDAUIL DE MORAES

MARÍLIA PASSOS MAGNO E SILVA

Introdução

O treinamento resistido com altas cargas é recomendado como uma alternativa eficaz para promover o aumento da massa muscular e da força (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009). Porém, treinos que envolvem altas cargas, acima de 70% de 1 repetição máxima (1RM), podem ser contraindicados em alguns casos específicos, como: pessoas com doenças crônicas, indivíduos frágeis ou em processo de reabilitação de lesões (CLARKSON; MAY; WARMINGTON, 2019).

O treinamento com restrição do fluxo sanguíneo foi primeiramente desenvolvido por Yoshiaki Sato no Japão, no final da década de 60, e é denominado de treinamento KAATSU (FERRAZ *et al.*, 2018). Antes de 2008, o equipamento para aplicação do método era escasso fora do Japão. Atualmente, várias unidades estão disponíveis em todo o mundo, contribuindo para a expansão das pesquisas que envolvem a aplicação da oclusão vascular (VANWYE; WEATHERHOLT; MIKESKY, 2017). O Treinamento Resistido com Oclusão Vascular (TROV) consiste na execução de exercícios com baixa carga (20% a 50% de 1RM) associados à restrição de fluxo sanguíneo, ocasionada intencionalmente por meio de um equipamento flexível posicionado nos segmentos proximais dos membros (CAMARGO *et al.*, 2017).

Estudos têm verificado que o Treinamento de Força de baixa intensidade com Oclusão Vascular (OV) apresenta resultados similares nos ganhos de força e hipertrofia, se comparado ao treino de força de alta intensidade (ILETT *et al.*, 2019). Dessa forma, sua prescrição é fundamental para idosos, pessoas acometidas por patologias ou que estejam

em processo de reabilitação de lesões desportivas que impossibilitam a utilização de altas cargas. Porém, outros autores relatam que apesar da crescente produção científica sobre a temática, as pesquisas têm focado em analisar variáveis como força e hipertrofia, sendo menor o número de estudos que visam a verificar o efeito do método na funcionalidade de indivíduos que possuem limitações na função física (SLYSZ; STULTZ; BURR, 2016; HUGHES *et al*., 2017).

Em suma, apesar do desenvolvimento do método apresentar grande aplicabilidade e significância clínica, sua prescrição envolve muitos cuidados. A partir dessa problemática, a presente obra buscou reunir as evidências mais atuais sobre a utilização do método de oclusão vascular. Nessa perspectiva, o presente capítulo inicia com uma discussão sobre o conceito e o entendimento do método de oclusão vascular, apresentando diretrizes para prescrição de exercícios; em seguida, mecanismos de hipertrofia e força muscular. Além disso, considerando que a principal preocupação com esse treinamento está associada às respostas adversas, serão abordados ao longo da seção os fatores de adaptação e segurança cardíaca, hemodinâmica e endotelial. E, por fim, serão discorridas as possibilidades de utilização do treinamento com oclusão vascular na reabilitação de lesões específicas.

Prescrição

O método de OV consiste na utilização de aparelhos de pressão externa como torniquetes inflados ou punhos pneumáticos, que são aplicados na região mais proximal dos membros superiores e / ou inferiores (SHEN *et al*., 2020). A compressão externa aplicada na vasculatura proximal ao músculo esquelético mantém o fluxo de sangue arterial e restringe a saída venosa, ocasionando um ambiente isquêmico / hipóxico que potencializa o impacto do treinamento (FREITAS *et al*., 2017).

O grau absoluto de pressão de oclusão deve ser aplicado com base nas características individuais, e uma forma frequentemente usada na literatura para se determinar a pressão da OV foi utilizar a pressão arterial sistólica braquial (PASB). Porém, a determinação da OV com base na PASB se apresentou equivocada, destacadamente em relação à compressão nos membros inferiores, devido à discrepância na circunferência entre os membros inferiores e superiores (WILK *et al*., 2018).

Sugere-se que a pressão de oclusão deve ser determinada de acordo com o indivíduo, largura e material do manguito, definindo a pressão relativa com base na Pressão de Oclusão Arterial (% POA) do manguito que será usado durante o exercício. Essa variável pode ser estabelecida inflando o manguito que está sendo usado durante o exercício até o ponto de interrupção do fluxo sanguíneo (100% da POA). Consequentemente, durante o exercício seria aplicada uma porcentagem dessa pressão (por exemplo, 40-80% da POA) (PATTERSON *et al*., 2019). Em sequência, apresenta-se a tabela com duas recomendações

para a aplicação prática do método de OV.

Recomendações

Modelo de prescrição de treinamento resistido com oclusão vascular (PATTERSON *et al.*, 2019)	Modelo de prescrição de exercícios aeróbicos com oclusão vascular (PATTERSON *et al.*, 2019)
Frequência 2 a 3 sessões semanais (> 3 semanas) ou 1 a 2 vezes por dia (1 a 3 semanas) Carga 20 – 40% 1RM Tempo de restrição 5 – 10 minutos por exercício (reperfusão entre exercícios) Tipo Pequenos e grandes grupamentos musculares (braços e pernas / uni ou bilaterais) Séries 2 – 4 Manguito 5 (pequeno), 10 ou 12 (médio), 17 ou 18 cm (grande) Número de repetições (75 repetições) - 30 × 15 × 15 × 15 ou definido como falha 40 – 80% AOP Descanso entre séries 30 - 60 s Forma de restrição Contínuo ou intermitente de 40 – 80% da POA Velocidade de execução 1–2 s (concêntrico e excêntrico) Execução Até falha concêntrica ou quando a série planejada é concluída	Frequência 2 a 3 sessões semanais (> 3 semanas) ou 1 a 2 vezes por dia (1 a 3 semanas) Intensidade <50% VO2máx ou Frequência Cardíaca de Reserva Tempo de restrição 5 a 20 minutos por exercício Tipo Pequenos e grandes grupamentos musculares (braços e pernas /uni ou bilaterais) Forma de restrição Contínuo ou intervalado de 40 a 80% da POA Manguito 5 cm (pequeno), 10 ou 12 cm (médio), 17 ou 18 cm (grande) Modo de exercício Ciclismo ou caminhada

Tabela com recomendações para aplicação prática do método de oclusão vascular

Hipertrofia e Força Muscular

A tensão mecânica proporcionada pelo treinamento resistido com altas cargas é evidenciada como um mecanismo que pode causar hipertrofia (WACKERHAGE *et al.*, 2019). Porém, o estresse metabólico tem sido relatado como eficiente para promover o crescimento muscular (ROSSI *et al.*, 2018). O TROV vem sendo confirmado como eficaz em aumentar as taxas de síntese proteica, e esse efeito tem sido associado com a capacidade desse método de regular positivamente genes relacionados à hipertrofia muscular, como a AKT e mTOR (PARK *et al.*, 2015).

Desse modo, a utilização de um manguito durante o treinamento resistido com baixas cargas está associada a uma diminuição na entrega de oxigênio e elevado acúmulo

de metabólitos (CENTNER *et al.*, 2019). Esse estresse metabólico proporcionado pela OV tem sido apontado como o possível mecanismo pelo qual o método de treinamento pode estimular a hipertrofia (ROSSI *et al.*, 2018). O estresse metabólico e / ou o ambiente hipóxico podem acarretar um aumento no recrutamento de fibras do tipo 2, elevação da resposta inflamatória e endócrina, inchaço celular e aumento da concentração de fosfatos inorgânicos intramusculares, sendo que todos esses elementos têm sido indicados como mediadores importantes para a sinalização da proteína muscular e a proliferação de células satélites, que são fatores essenciais para o processo de hipertrofia (ROSSI *et al.*, 2018).

Nesse contexto, pesquisas têm buscado evidenciar a eficiência da implementação da oclusão vascular para potencializar adaptações em variáveis neuromusculares. Centner *et al.* (2019) realizaram uma revisão sistemática com metanálise. Seus achados demonstraram que a OV combinada com o treinamento resistido de baixas cargas, bem como ao exercício aeróbico, potencializa os ganhos de força e massa muscular. Porém, o treino com altas cargas foi mais eficiente para aumentar a força. Esses resultados corroboram os dados de outra revisão que tem confirmado a OV como um método eficiente para promover o aumento de força e massa muscular, porém, sendo inferior ao treinamento resistido de alta intensidade em promover ganhos de força (LIXANDRÃO *et al.*, 2018). Silva *et al.* (2019), também por meio de revisão sistemática, demonstraram que o exercício aeróbico associado à oclusão vascular (AEOV) é uma alternativa eficiente para aumentar os ganhos de força e massa muscular em indivíduos jovens e idosos. Entretanto, os aumentos nas variáveis neuromusculares decorrentes de AEOV têm sido apontados como inferiores ao TROV.

Em outra investigação, foram comparados os efeitos do treinamento resistido com altas cargas sem OV, altas cargas + OV e baixas cargas + OV na área de seção transversa muscular. A amostra foi composta por 30 homens jovens destreinados. Os resultados sugerem aumentos significativos e semelhantes na hipertrofia após 5 e 10 semanas de altas cargas (4,9 e 10,0%, respectivamente), altas cargas + OV (5,19 e 10,36%, respectivamente) e baixas cargas + OV (5,0 e 10,0%, respectivamente). Nesse contexto, a OV não promoveu efeito adicional no ganho de massa muscular quando altas cargas foram usadas (BIAZON *et al.*, 2019).

Com base nos estudos apresentados, a aplicação de OV em associação ao treinamento resistido e aeróbico tem sido demonstrada como eficaz em potencializar ganhos nos níveis de força e massa muscular, mesmo durante o treinamento de baixa intensidade. No entanto, o TROV é superior ao AEOV em gerar aumentos nas variáveis neuromusculares.

Segurança Endotelial, Hemodinâmica e Cardíaca

Um motivo de preocupação relacionado à aplicação da oclusão vascular é a repercussão gerada em variáveis endoteliais, hemodinâmicas e cardiovasculares, pois uma

prescrição inadequada do método pode ocasionar respostas negativas e eventos adversos nesses parâmetros. Porém, a literatura tem demonstrado que a OV é uma ferramenta segura e, desde que seja bem controlada, pode proporcionar benefícios significativos. No que se refere à saúde endotelial, estudos que buscaram investigar os efeitos do treinamento resistido com oclusão em indivíduos saudáveis e idosos com cardiopatia não relataram modificações em marcadores sanguíneos para geração de trombina ou formação de coágulo intravascular (VANWYE; WEATHERHOLT; MIKESKY, 2017).

O TROV, aparentemente, estimula a atividade do sistema fibrinolítico, pois tem demonstrado aumentar os níveis do ativador de plasminogênio tecidual (uma proteína que tem como função realizar a degradação de trombo na célula endotelial) em participantes saudáveis. No entanto, a resposta do sistema fibrinolítico ao exercício pode ser modificada por fatores como idade, sexo e obesidade (PATTERSON *et al.*, 2019). Além do mais, uma revisão aponta que informações disponíveis sugerem que, a longo prazo, o exercício com OV proporciona impactos positivos sobre fatores de coagulação (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Com relação às respostas hemodinâmicas, a utilização de OV pode provocar modificações significativamente superiores na Pressão Arterial (PA) em comparação ao treinamento tradicional. Uma pesquisa teve como participantes 14 mulheres hipertensas com idade média de 45,7 anos, as quais foram divididas em dois grupos: treinamento de intensidade moderada, com carga de 80% de 1RM, e treinamento de baixa intensidade associado à oclusão vascular, com carga de 30% de 1 RM e uma pressão de oclusão arterial de 80%, sendo que o esfigmomanômetro foi inflado durante todo o protocolo do exercício. Embora durante a execução dos exercícios os valores de PA e Frequência Cardíaca (FC) tenham sido superiores no grupo que treinou com oclusão, os resultados demonstraram uma redução significativa na Pressão Arterial Sistólica (PAS) nesse grupo. Nesse estudo, foi demonstrado que o treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo ocasionou respostas hipotensivas até 60 minutos após o exercício (ARAÚJO *et al.*, 2014).

Outro estudo verificou respostas hemodinâmicas ao exercício em mulheres idosas, que completaram três sessões de treinamento diferentes, de maneira aleatória: treinamento resistido de baixa carga, treinamento resistido de baixa carga com oclusão vascular e treinamento resistido de alta carga. Os resultados apontaram que a implementação da oclusão vascular promoveu valores mais elevados de PAS, PAD e Pressão Arterial Média (PAM) em comparação aos treinos realizados com altas cargas e baixas cargas sem oclusão (SCOTT *et al.*, 2018). Nessa perspectiva, de acordo com os autores, a aplicação da oclusão vascular em indivíduos idosos deve ser vista com cautela, pois respostas hemodinâmicas exacerbadas podem ocorrer, principalmente em idosos hipertensos ou com outras patologias cardíacas.

No que diz respeito às respostas hemodinâmicas em indivíduos normotensos,

pesquisadores compararam os efeitos do treinamento resistido com e sem OV em homens jovens treinados. O protocolo consistiu em exercícios para membros superiores, e a pressão de oclusão utilizada foi de 50% da pressão total de cada indivíduo. Como resultado, o treinamento resistido tradicional e o TROV promoveram uma redução da PAS pós-exercício, sem diferença entre os protocolos. Nesse sentido, o TROV pode ser aplicado como uma estratégia para prevenção de complicações cardiovasculares e evitar o uso em excesso de cargas elevadas em homens jovens treinados (MORIGGI *et al*., 2015).

Sobre a aplicação do exercício aeróbico com oclusão vascular, Silva *et al*. (2019) realizaram uma revisão sistemática, verificado que o aumento da FC, Duplo Produto (DP) e PAS, PAD e PAM durante o AEOV é maior que o aumento verificado em uma sessão de intensidade similar sem oclusão vascular. No entanto, os resultados de alguns estudos indicaram que após o período de recuperação pós-exercício, a diminuição da FC, DP e PA em protocolos de caminhada com OV foi superior à redução nesses parâmetros em uma sessão com a mesma intensidade sem a OV. A hipótese levantada foi a de que esse resultado ocorreu em consequência do aumento da reativação parassimpática observada após a sessão de AEOV.

Kambic *et al*. (2019) avaliaram as respostas cardiovasculares ao treinamento de resistência com OV em pacientes com Doença Arterial Coronariana, com idade entre 18 e 75 anos e ativos fisicamente. Os participantes foram divididos em grupo intervenção e controle. A pressão de oclusão usada ficou entre 15 e 20 mmHg maior que a pressão sistólica braquial de repouso. Após a intervenção, houve uma diminuição significativa da PAS no grupo OV ($p = 0,030$), enquanto uma diminuição semelhante não foi observada na PAD e na FC em repouso. Além disso, não foram relatados óbitos, nem outros efeitos adversos do exercício, como lesão musculoesquelética, dor no peito, falta de ar, tontura, palpitações, trombose venosa, embolia pulmonar ou rabdomiólise. No entanto, apesar das repercussões positivas relacionadas ao uso da OV, alguns autores chamam a atenção para o Reflexo Pressor do Exercício (RPE), que é um mecanismo que deve ser levado em consideração no momento da prescrição do método (SPRANGER *et al*., 2015).

De acordo com a fisiologia do exercício, o RPE do músculo esquelético coordena a reação cardiovascular durante a atividade física, sendo que essa reação é caracterizada pelo aumento da atividade do sistema nervoso simpático, a qual eleva as respostas cardíacas e de pressão arterial (PICÓN *et al*., 2018). Nesse sentido, pessoas com doença arterial periférica, hipertensão e insuficiência cardíaca apresentam uma função alterada do RPE, em que o metaborreflexo e o metaborreflexo podem ser estimulados de forma intensa, mesmo em menores intensidades de exercício, ocasionando respostas cardiovasculares aumentadas, que podem ser potencializadas pela aplicação inadequada da oclusão vascular (SPRANGER *et al*., 2015).

Vale destacar que, para evitar efeitos adversos decorrentes da aplicação do método, como prejuízos da função vascular, lesões nervosas e musculares, entre outros, é

necessária avaliação por meio de esfigmomanômetro de pressão sanguínea. Além do mais, cada indivíduo deve ter a sua pressão determinada de maneira individualizada, sendo que ela vai variar de acordo com o membro onde a restrição será aplicada (PATTERSON *et al.*, 2019).

Oclusão Vascular e Reabilitação

Dor Patelofemural

A síndrome da dor patelofemoral (SDPF) caracteriza-se como uma dor difusa na região anterior do joelho, geralmente de início insidioso e progressão lenta, sendo uma das afecções mais frequentes que acometem o joelho, conduzindo incapacidades funcionais que comprometem as atividades da vida diária (CERQUEIRA; VIEIRA, 2019). A etiologia da SDFP varia entre o desalinhamento patelar (principal causa), rotação lateral da tíbia, anteversão femoral, aumento do “ângulo Q”, patela alta ou baixa, desequilíbrio de forças e de contração muscular entre os músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral oblíquo - principais estabilizadores dinâmicos da patela -, e a fraqueza dos músculos abdutores e rotadores do quadril (BESSA *et al.*, 2016). As cargas na articulação patelofemoral variam de acordo com a atividade praticada. Piazza e Santos (2016) evidenciaram que os maiores picos de força de reação na articulação patelofemoral ocorriam durante corridas. Santos (2017) afirma que 40% das lesões em corredores estão localizadas no joelho, sendo que 50 - 60% destas correspondem à Dor Patelofemoral.

Korakakis (2018) buscou investigar se a aplicação da restrição do fluxo sanguíneo (BFR) combinada com o treinamento de resistência à baixa carga induziu redução significativa na dor no joelho. Para isso, realizou um estudo controlado randomizado, com 40 indivíduos, os quais realizaram exercícios de extensão de joelho de cadeia cinética aberta, acompanhados de um modelo de monitoramento da dor. Como resultado, foi possível identificar redução significativa na dor em atividades funcionais após intervenção (mantida por, no mínimo, 45 minutos), com grandes tamanhos de efeito. Concluiu-se que a restrição do fluxo sanguíneo, combinada com o treinamento de resistência a baixa carga, pode ser usada para reduzir o quadro de dor anterior do joelho antes de sessões de reabilitação (fisioterapia).

Outro estudo semelhante foi realizado por Giles *et al.* (2017), utilizando um ensaio clínico controlado, randomizado duplo cego, no qual se objetivou avaliar os efeitos do treino de força tradicional (70% 1 RM) e o treino de força com Oclusão Vascular de baixa intensidade em pacientes adultos com DFP. A intervenção durou 8 semanas, e utilizou-se angulação de proteção de 90-45° Cad. Extensora e 0°-60° Leg Press, além da Escala de lesões Femoropatelar de Kujala (Kujala Score), Escala Visual Analógica da dor (EVA). A etiologia da SDFP varia entre o desalinhamento patelar (principal causa), rotação lateral da tíbia, anteversão femoral, aumento do “ângulo Q”, patela alta ou baixa, desequilíbrio

de forças e de contração muscular entre os músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral oblíquo (principais estabilizadores dinâmicos da patela), e a fraqueza dos músculos abdutores e rotadores do quadril. Como resultado, o treinamento associado à Oclusão vascular demonstrou-se mais eficiente na redução da dor em atividade diária, apesar de não terem sido encontradas diferenças entre os grupos para ganho de força. Demonstrou-se, assim, que o treinamento com oclusão vascular pode ser uma alternativa para pessoas com DFP que não toleram a carga alta de programas padronizados de fortalecimento do quadríceps devido à dor.

Lesão no ligamento Cruzado Anterior do Joelho (LCA)

De acordo com Silva (2018), o joelho é a região anatômica mais acometida por lesão em esportes que envolvem movimento de rotação, mudança de direção e contato direto. A principal estrutura estabilizadora desse complexo consiste no Ligamento Cruzado Anterior (LCA), o qual pode sofrer lesão de grau I, II ou III.

Uma das intervenções utilizadas para reabilitação de lesão no Ligamento Cruzado Anterior (LCA) envolve prática cirúrgica. De acordo com Kilgas *et al*. (2019), no processo de reconstrução do LCA, os pontos de fixação e enxerto permanecem frágeis nos primeiros dias, podendo ter sua ligamentização adequada somente após 8 semanas decorrida a cirurgia. Diante disso, os pacientes são submetidos a imobilização do membro inferior e redução significativa de exercícios físicos, gerando atrofia da musculatura envolvida e um longo período de reabilitação. Dessa forma, o treinamento resistido associado ao método de oclusão vascular vem sendo considerado uma medida eficiente para reabilitação de lesões em LCA, devido à sua ação contrária à atrofia muscular, aplicação de menor sobrecarga na articulação acometida e segurança, pois submeter um indivíduo pós-cirurgia ligamentar a cargas superiores a 60-79% de 1RM proporciona altos riscos de uma nova rotura.

Coo *et al*. (2017) compararam as respostas entre o treinamento resistido de intensidade alta (superior a 70% de 1RM) e o treinamento resistido de baixa intensidade, com oclusão vascular (30% 1RM), em pacientes em pós-operatório de LCA. Após 12 semanas de intervenção, verificou-se que os dois grupos obtiveram ganhos de força e hipertrofia semelhantes, com a vantagem de que o segundo aplicaria menor sobrecarga à articulação acometida. Similar a este, Takarada (2000, *apud* CUNHA, 2018) executou um protocolo de treinamento resistido em pacientes pós-cirurgia de reconstrução do LCA. Um grupo controle realizou o treinamento resistido tradicional e o seguinte grupo praticou o TR com oclusão vascular. O treinamento aplicado consistia em 5 séries de oclusão vascular mantida por 5 minutos e 3 minutos de intervalo aplicados duas vezes a cada 24 horas, durante um total de 13 dias. O grupo controle apresentou redução na área de secção transversa de 20 % nos extensores e 11% no flexores de joelho, ao mesmo tempo que o grupo que adotou o TR combinado a oclusão vascular obteve redução de apenas 9% na

musculatura analisada. Contudo, foi possível demonstrar que o treinamento combinado foi capaz de reduzir a atrofia causada pelo processo cirúrgico.

Lesão no tendão do calcâneo

Com prolongamento de 15 cm, o Tendão de Aquiles é considerado o mais forte espesso do corpo, sendo responsável pela flexão plantar do tornozelo e com a função de locomoção e produção de força. Sua ruptura pode ter causas degenerativas, macrotraumas ou microtraumas (FELIPPE, 2017). O tratamento pode ser feito através de cirurgia ou tratamento conservador. O primeiro inclui a sutura de kracov nos cotos do tendão, tendo um menor risco de lesão recidiva. O segundo, apesar de não ter os riscos de uma intervenção invasiva, requer maior tempo de reabilitação, devido ao processo de cicatrização em uma região com vascularização reduzida.

Araújo *et al*. (2018) analisaram o tratamento de atletas após ruptura total do tendão de Aquiles ocorrida durante a prática esportiva. Em caso de cirurgia, a limitação funcional e atrofia muscular tornavam necessário o uso de equipamento auxiliar para realização da marcha. Após intervenção cirúrgica, aplicou-se protocolo de treinamento resistido com oclusão vascular por 5 semanas, apresentando melhorias no pico de torque da flexão plantar de 522% e 108,9% e ganhos de potência de 475% e 211% a 60 °/s e 120 °/s, respectivamente, dando início ao processo de marcha sem auxílio. Dessa forma, os autores identificaram que o método adotado contribuiu diretamente para reduzir os efeitos deletérios da intervenção cirúrgica e melhora funcional dos atletas.

Osteoartrose

A osteoartrose (OA) é uma doença articular crônico-degenerativa que se evidencia pelo desgaste da cartilagem articular e por alterações bioquímicas decorrentes da presença de citocinas inflamatórias, resultando em dor, rigidez, crepitação óssea e atrofia muscular. As articulações mais acometidas consistem no joelho, quadril e carpometacárpicas, podendo ter como causas secundárias traumas específicos, fraturas, sobrecargas repetitivas e lesões ligamentares (MATTOS, 2016). O tratamento da osteoartrose pode ser desenvolvido de forma conservadora e por meio do fortalecimento da musculatura ao redor da articulação afetada. Porém, Lima (2016) ressalta que a dor caracteriza-se como um fator limitante para a utilização de treinamento de força de alta intensidade, além de proporcionar um declínio na qualidade de vida.

Em seus estudos, Ferraz (2016) procurou investigar os benefícios da oclusão vascular associada ao treinamento de força na funcionalidade, hipertrofia e força muscular, em mulheres adultas distribuídas nos seguintes grupos: TF de baixa intensidade (30% de 1 RM), TF de alta intensidade (80% de 1 RM) e TF de baixa intensidade associado à oclusão vascular (TFOV). Após um ano de intervenção, evidenciou-se que, no quesito

dor, apenas o grupo de TF em alta intensidade não resultou em melhora significativa, além de ter desistência de parte de sua amostra por relatar o motivo: dor. Em relação à força, área de secção transversa e funcionalidade (domínios avaliados: dor, rigidez e funcionalidade), os grupos de TF com oclusão vascular de baixa intensidade e TF com alta intensidade apresentaram melhora significativa. Portanto, o estudo evidenciou que o treinamento utilizando o método de OV se fez eficiente no aumento da força, hipertrofia, funcionalidade e melhora do quadro de dor à medida que produzia menos estresse na articulação acometida, caracterizando-se como uma alternativa terapêutica no tratamento da osteoartrose.

Considerações Finais

Ao longo do capítulo, evidenciou-se que o método de oclusão vascular apresenta grande aplicabilidade e significância clínica, pois pode ser introduzido em cenários nos quais o treinamento de alta intensidade não será adequado, proporcionando ganhos de força, funcionalidade e hipertrofia, ao mesmo tempo que reduz o estresse sobre os tecidos. O caminho que o método de treinamento com oclusão vascular irá percorrer nos próximos anos irá além do aprofundamento de sua utilização terapêutica e modelos de prescrição. Por exemplo, a Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA) iniciou um projeto que investigará a possibilidade de o Kaatsu Training evitar a atrofia muscular e redução da massa óssea em astronautas durante prolongado voo espacial na ausência de gravidade (BEHRINGER; WILLBERG, 2019). Além disso, destacam-se a pesquisa de Torpel *et al*. (2019) na Alemanha, a qual propõe recomendações para que estudos futuros investiguem os efeitos do treinamento resistido com oclusão vascular na melhora cognitiva. O estudo testará a hipótese de que o modelo de treinamento induzirá maior ativação de vias de sinalização associadas à neuroplasticidade e funções cognitivas.

Referências

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, 2009.

ARAUJO, Gabriela *et al*. A eficácia da eletroestimulação em tratamento de LCA em jogadores de futebol. **Revista de Ciências Humanas ReAGES**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 47-53, ago. 2018. ISSN 2596-0962.

ARAÚJO, J. P. *et al*. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. **Journal of Human Kinetics**, 2014.

BEHRINGER, Michael; WILLBERG, Christina. Application of Blood Flow Restriction to Optimize Exercise Countermeasures for Human Space Flight. **Frontiers in physiology**, v.10, n. 33, p. 2-5, 2019.

BESSA, S. S. *et al*. A eficácia da bandagem funcional na síndrome da dor femoropatelar 1 the effectiveness of functional taping on patellofemoral pain syndrome 1. **Revista Faculdade Montes Belos**, 2016.

BIAZON, T. M. P. C. *et al*. The Association Between Muscle Deoxygenation and Muscle Hypertrophy to Blood Flow Restricted Training Performed at High and Low Loads. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 17 abr. 2019.

CAMARGO, Gustavo *et al*. Treinamento físico com oclusão vascular: uma revisão sistematizada. **Revista Científica Fagoc Saúde**; v.2, p.:59-68, 2017.

CENTNER, C. *et al*. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, 2019.

CERQUEIRA, Mikhail Santos; VIEIRA, Wouber Hérickson. Efeitos do exercício de restrição do fluxo sanguíneo com carga muito baixa e baixo volume em pacientes com osteoartrite do joelho: protocolo para um estudo randomizado. **Trials**, Natal, v. 20, n. 1, p.135-138, 2019.

CLARKSON, M. J.; MAY, A. K.; WARMINGTON, S. A. Chronic Blood Flow Restriction Exercise Improves Objective Physical Function: A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, 2019.

COOK, Summer B. *et al*. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. **Experimental gerontology**, v. 99, p. 138-145, 2017.

CUNHA, Dahan. **Exercício físico com oclusão vascular**: métodos para a prescrição segura na prática clínica - São Paulo: Blucher, 2018. 76 p. 41-50.

FELIPPE, Marina. Lesão aguda do tendão calcâneo (de aquiles): aspectos clínicos e tratamento. **Revista UNIPLAC**, v. 5, n. 1, 2017.

FERRAZ, R. B. *et al*. Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2018.

FREITAS, M. C. de *et al*. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. **World Journal of Methodology**, 2017.

GILES, L. *et al*. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, n. 23, p. 1688–1694, dez. 2017.

HUGHES, L. *et al*. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, 2017.

ILETT, M. J. *et al*. The Effects of Restriction Pressures on the Acute Responses to Blood Flow Restriction Exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 13 ago. 2019.

KAMBIC, T. *et al*. Blood flow restriction resistance exercise improves muscle strength and hemodynamics, but not vascular function in coronary artery disease patients: A pilot randomized controlled trial. **Frontiers in Physiology**, 2019.

KILGAS, M. A. *et al*. Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long after ACL Reconstruction. **International Journal of Sports Medicine**, 2019.

KORAKAKIS, V.; RODNEY, Whiteley; KONSTANTINOS, Epameinontidis. Blood Flow Restriction induces hypoalgaesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. **Physical Therapy in Sport**, 2018.

LIMA, Wilson *et al*. Características da prescrição do treinamento de força para indivíduos com osteoartrite de joelho: uma breve revisão. **RBPFEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, [S.l.], v. 10, n. 59, p. 422- 430, jul. 2016. ISSN 1981-9900.

LIXANDRÃO, M. E. *et al*. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: **A Systematic Review and Meta-AnalysisSports Medicine**, 2018.

MATTOS, Fernanda de *et al*. Effects of aquatic exercise on muscle strength and functional performance of individuals with osteoarthritis: a systematic review. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 56, n. 6, p. 530-542, 2016.

MORIGGI, R. *et al*. Similar hypotensive responses to resistance exercise with and without blood flow restriction. **Biology of Sport**, 2015.

NASCIMENTO, D. da Cunha *et al*. Effects of blood flow restriction exercise on hemostasis: A systematic review of randomized and non-randomized trials. **International Journal of General Medicine**, 2019.

PARK, S.-Y. *et al*. Low Intensity Resistance Exercise Training with Blood Flow Restriction: Insight into Cardiovascular Function, and Skeletal Muscle Hypertrophy in Humans. **The Korean Journal of Physiology & Pharmacology**, v. 19, n. 3, p. 191, 2015.

PATTERSON, S. D. *et al*. **Blood flow restriction exercise position stand**: Considerations of methodology, application, and safetyFrontiers in Physiology, 2019.

PIAZZA, L.; SANTOS, G. M. Síndrome da dor patelofemoral não altera as características baropodométricas durante a marcha em rampa e escadas. **Fisioterapia e Pesquisa**, 2016.

PIAZZA, L. Síndrome da dor patelofemoral não altera as características baropodométricas durante a marcha em rampa e escadas. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 23, n. 3, p. 284-293,2016.

PICÓN, M. M. *et al*. Acute Cardiovascular Responses after a Single Bout of Blood Flow Restriction Training. **International Journal of Exercise Science**, 2018.

ROSSI, F. E. *et al*. **The role of inflammation and immune cells in blood flow restriction training adaptation:** A review Frontiers in Physiology, 2018.

SANTOS, Ana. Modificações da técnica de corrida: aspectos biomecânicos e clínicos em corredores com e sem dor patelofemoral. **RIUFSCAR**. 2017.

SCOTT, B. R. *et al*. Hemodynamic responses to low-load blood flow restriction and unrestricted high-load resistance exercise in older women. **Frontiers in Physiology**, 2018.

SHEN, L. *et al*. L-carnitine's role in KAATSU training - induced neuromuscular fatigue. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, 2020.

SILVA, J. C. G. *et al*. Acute and Chronic Responses of Aerobic Exercise With Blood Flow Restriction: A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 4 out. 2019.

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2016.

SPRANGER, M. D. *et al*. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: A call for concern. **American Journal of Physiology** - Heart and Circulatory Physiology, 2015.

TÖRPEL, Alexander *et al*. Fortalecendo o cérebro - o treinamento resistido com restrição ao fluxo sanguíneo é uma estratégia eficaz para a melhoria cognitiva. **J. Clin. Med**. v. 7, p. 334-337, 2019.

VANWYE, W. R.; WEATHERHOLT, A. M.; MIKESKY A. E. Blood Flow Restriction Training: Implementation in Clinical Practice. Int J Exerc Sci. 2017.

WACKERHAGE, H. *et al*. Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. Journal of Applied Physiology. **Anais**... 2019.

WILK, M. *et al*. Technical and training related aspects of resistance training using blood flow restriction in competitive sport - A review. **Journal of Human Kinetics**, 2018.

CAPÍTULO 10

EXERCÍCIO E SAÚDE MENTAL

Data de aceite: 06/06/2023

JHONATAN WÉLINGTON PEREIRA GAIA

RODRIGO WEYLL FERREIRA

DANIEL ALVAREZ PIRES

Introdução sobre a saúde mental

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define a saúde mental como um estado de bem-estar em que o indivíduo percebe suas próprias habilidades, pode lidar com o estresse do cotidiano, trabalhar de maneira produtiva e é capaz de contribuir com sua comunidade[1]. Nesse sentido positivo, a saúde mental é a base para o bem-estar de um indivíduo. No presente capítulo, além da importância da conceituação, é necessário entender que a saúde mental: i) é parte integrante da saúde; ii) é mais do que a ausência de doença; e iii) está intimamente ligada à saúde e ao comportamento físico. Portanto, considera-se que ela é determinada por múltiplos fatores sociais, psicológicos e biológicos. A partir desse momento, abordaremos a saúde mental com mais ênfase no terceiro aspecto, analisando a sua relação no contexto do exercício físico.

As evidências apoiam os benefícios do exercício físico nos domínios físico, mental, cognitivo e social[2]. Estudos têm demonstrado sua eficácia na diminuição dos sintomas de depressão e ansiedade em populações clínicas e não clínicas[3,4] podendo ser uma ferramenta potencial para as estratégias de intervenção voltadas à prevenção e tratamento precoce da depressão[5]. No entanto, ainda não há um consenso sobre os mecanismos subjacentes que explicam essa relação[6,7]. De modo geral, a atividade física estimula adaptações neurobiológicas[8] que resultam em uma melhora no humor, na redução dos níveis de estresse, ansiedade e depressão[8], podendo atuar efetivamente tanto na prevenção e no tratamento de distúrbios psicológicos, quanto na promoção da saúde mental[9]. Pessoas de todas as idades, gêneros e origens sociodemográficas podem obter uma melhora da saúde e qualidade de vida

ao incluir regularmente quantidades moderadas de atividade física em suas vidas[10]. As recomendações atuais de atividade física sugerem uma possível relação linear de dose-resposta entre o volume de atividade física e saúde, sugerindo que os volumes de atividade física aeróbica de intensidade moderada maiores que 300 minutos semanais ou 150 minutos de atividade de intensidade vigorosa por semana podem conferir benefícios adicionais para a saúde em comparação a volumes inferiores[11]. As atuais recomendações também sugerem que, além da atividade física aeróbica, benefícios adicionais à saúde mental podem ocorrer com a participação em atividades de fortalecimento muscular em dois ou mais dias por semana[11].

Os mecanismos do exercício na saúde mental

Apesar das pesquisas que examinam a relação entre atividade física e saúde mental estarem crescendo, ainda não há um consenso em relação aos mecanismos subjacentes responsáveis pelos efeitos do exercício sobre a saúde mental[12]. Nesse contexto, vários mecanismos neurobiológicos, psicossociais e comportamentais foram propostos[13].

Quanto aos aspectos neurobiológicos, é possível que a atividade física altere a estrutura e função do cérebro, o que, por sua vez, tem um efeito positivo na saúde mental[14]. Por exemplo, em relação às bases celulares e moleculares, sabe-se que níveis reduzidos do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), que desempenham um papel crucial no crescimento e manutenção saudável dos neurônios, estão associados a níveis aumentados de ansiedade e depressão[15]. O exercício, por sua vez, aumenta os níveis de BDNF no sistema nervoso central (SNC), o que pode diminuir os níveis de ansiedade e os sintomas depressivos[16]. Estudos com animais mostraram que o exercício físico modula os principais neurotransmissores do SNC associados ao estado de alerta de um indivíduo (noradrenalina), ao sistema de prazer e recompensa (dopamina) e ao nível de ansiedade (serotonina)[17]. Além disso, alterações nos níveis desses neurotransmissores podem ter consequências diferentes, dependendo do(s) tipo(s) de receptores e das áreas corticais ativadas[17]. Outros fatores neuroquímicos que podem ser liberados durante as atividades físicas incluem opioides e endocanabinoides, que promovem uma sensação de euforia e bem-estar, efeitos ansiolíticos, sedação e diminuição da sensibilidade à dor em humanos[18]. De modo geral, o exercício físico é capaz de estimular o crescimento de novos vasos sanguíneos e o aumento da expressão do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) e fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), contribuindo para o aumento da neurogênese e a angiogênese em áreas corticais e subcorticais importantes para o funcionamento adequado do cérebro, e que estão relacionadas à saúde mental, como o hipocampo e áreas do córtex pré-frontal[6,19].

Os estudos demonstram que a atividade física promove efeitos neuroprotetores[20] e pode servir como uma intervenção eficaz no tratamento de doenças mentais[21]. Estudo

de revisão de Phillips *et al.*[22] indicou diversos mecanismos pelos quais a atividade física altera a progressão da neuropatologia dos transtornos de humor, indicando que o exercício é responsável pelo aumento nos níveis de neurotransmissores, fatores neurotróficos, beta-endorfinas e diminuição do cortisol. Além disso, o estudo traz evidências que indicam que a atividade física regular otimiza os processos envolvidos na neurogênese, função imunológica, regulação do estresse, defesa antioxidante, ritmos circadianos e modificações epigenéticas. Por meio desses mecanismos complexos e inter-relacionados, a atividade física pode reduzir o risco de transtornos de humor, o grau dos seus sintomas e a incidência do reaparecimento de uma doença ou de algum sintoma relacionado[22]. Além da atividade física, o exercício físico é capaz de promover uma melhora na regulação da atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) e reduzir a sinalização de componentes envolvidos no sistema inflamatório[23]. O exercício também pode influenciar positivamente a conectividade e integridade da substância branca[23] e aumentar o volume do hipocampo[23]. Sendo assim, a capacidade do exercício físico de influenciar positivamente processos neurobiológicos e, consequentemente, promover mudanças na composição estrutural e funcional do cérebro explica, em parte, o efeito positivo do exercício físico na melhora da regulação emocional e da saúde mental[6,24].

Estudos sobre a eficácia do exercício para tratar e/ou prevenir transtornos mentais são essenciais, principalmente considerando a população idosa em rápido crescimento e o consequente aumento na prevalência de doenças neurodegenerativas e depressão. Aumentos recentes na incidência de transtornos mentais, como o transtorno depressivo maior (TDM)[25], destacam a necessidade de aumentar os esforços de pesquisa que se concentram na identificação de tratamentos que podem melhorar a saúde mental de um indivíduo. Embora o efeito antidepressivo do exercício de resistência tenha sido demonstrado em pacientes com TDM[26], até o presente momento não são bem compreendidos os mecanismos fisiológicos e neurobiológicos desse efeito.

Estudos que investigam indivíduos saudáveis demostram que o exercício de resistência leva a um aumento da aptidão cardiorrespiratória que, por sua vez, estimula o aumento da síntese e liberação de neurotransmissores e neurotrofinas[27] (especificamente o BDNF[28]), que podem resultar em aumento na neurogênese, angiogênese e neuroplasticidade[29]. Verificou-se que esse aumento no nível de neurotrofinas impacta na redução da liberação de cortisol[30], a partir de um efeito inibitório no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, levando a uma diminuição na resposta psicológica ao estresse[31]. Como pesquisas em TDM relataram melhorias nos níveis de neurotrofinas através do exercício, esse mecanismo relatado anteriormente provavelmente desempenhará um papel semelhante nessa população[32].

Influência do exercício na depressão

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a depressão é o transtorno

mental comum mais prevalente e considerada a principal causa de incapacidade em todo o mundo, acarretando um comprometimento significativo no funcionamento social e cognitivo dos indivíduos afetados[23]. No geral, os transtornos depressivos são caracterizados por sentimentos de humor deprimido, desesperança, fadiga e diminuição do interesse ou prazer nas atividades diárias[33]. Além disso, as pessoas com depressão normalmente apresentam vários dos seguintes fatores: perda de energia; mudança no apetite; alteração do sono; ansiedade; concentração reduzida; indecisão; inquietação; sentimentos de inutilidade, culpa ou desesperança; e pensamentos de automutilação ou suicídio[34]. Estima-se que número total de pessoas vivendo com depressão no mundo é de 322 milhões, com um aumento de 18,4% entre 2005 e 2015. Isso reflete o crescimento geral da população global, bem como um aumento proporcional nas faixas etárias em que a depressão é mais prevalente[34]. Além disso, o risco de desenvolver um transtorno depressivo ao longo da vida varia de 15 a 18%, indicando que cerca de uma em cada cinco pessoas irá vivenciar um episódio depressivo em algum momento da vida[35]. No entanto, é importante ressaltar que a depressão é tratável, seja com terapias, tratamentos não farmacológicos, medicamentos antidepressivos, ou uma combinação destes[36]. Esses resultados indicam, portanto, a urgência de abordar a depressão como uma prioridade da saúde pública para reduzir a carga e a incapacidade de doenças e melhorar a saúde geral da população.

As projeções mundiais da Organização Mundial de Saúde para o ano de 2030 identificam a depressão como a principal causa dos problemas causados por doenças[37]. Além do risco de mortalidade por suicídio em pacientes deprimidos ser 20 vezes maior do que na população em geral[37], verificou-se que uma maior gravidade dos sintomas depressivos está associada a um risco significativamente maior de mortalidade por todas as causas, incluindo morte cardiovascular e acidente vascular cerebral[37]. A depressão aumenta o risco de diminuição da produtividade e do absentismo no local de trabalho, resultando em menor renda ou desemprego[37].

As diretrizes do Instituto Nacional de Excelência e Cuidados em Saúde (NICE) recomendam como formas de tratamento psicológico a terapia cognitivo-comportamental (TCC) ou a terapia interpessoal (IPT) para depressão leve a moderada, seguidas de medicamento antidepressivo[38]. No entanto, muitos pacientes não obtêm alívio suficiente dos sintomas, apesar da implementação adequada do tratamento, e 50% experimentam pelo menos um novo episódio depressivo[21]. Pesquisas apontam para a importância de maximizar a resposta ao tratamento o mais cedo possível, por conta do declínio do prognóstico com o avanço da depressão ao longo do tempo, devido às falhas nas respostas ao tratamento[38]. Diante disso, um tratamento subsequente é frequentemente necessário para aumentar o efeito, alterando o tratamento ou adicionando uma nova intervenção[21].

Dadas as possíveis barreiras e desvantagens do tratamento com medicamentos antidepressivos, o exercício surgiu como uma possível alternativa de tratamento para sintomas depressivos em indivíduos de todas as idades[39]. Em relação aos idosos com

sintomas depressivos, provavelmente experimentam uma redução nos sintomas através da prática de exercícios. É provável que todos os tipos de exercícios proporcionem um benefício e indivíduos de qualquer idade devem ser incentivados a participar de algum tipo de exercício que considerem motivador e adequado ao seu nível de condicionamento físico[39]. Indivíduos com sintomas mais elevados de depressão provavelmente experimentarão um efeito ainda maior do exercício na redução dos sintomas, por meio de exercício físico planejado para melhorar a depressão[39].

Os efeitos antidepressivos associados à intervenção do exercício geram mudanças neuroquímicas, neurocognitivas e psicológicas. Em relação ao neuroquímico, a atividade física, incluindo exercícios regulares, proporciona um efeito antidepressivo por meio de seu efeito termogênico, liberação de endorfina e disponibilidade de neurotransmissores como serotonina, dopamina e norepinefrina[40]. Para o neurocognitivo, os benefícios do exercício envolvem a regulação positiva da produção de neurotrofinas, incluindo o BDNF, o fator de crescimento semelhante à insulina e fatores de crescimento endotelial vascular[41]. Os níveis desses biomarcadores são alterados durante e após o exercício, o que desencadeia uma cascata de alterações no funcionamento do cérebro que podem explicar o alívio dos sintomas de depressão[42]. Em relação ao aspecto psicológico, as teorias de autodeterminação e autoeficácia foram propostas para explicar a associação entre exercício e sintomas de depressão[4]. Os indivíduos se tornam mais confiantes em suas habilidades quando se envolvem em atividade física e sentem-se mais no controle. Por fim, os efeitos antidepressivos induzidos pela atividade física podem ser causados pela distração de estímulos estressantes[44].

A etiologia da depressão pode estar relacionada ao estresse crônico, influências sociais, efeitos mentais e físicos associados a doenças médicas, uso de álcool e outras drogas e dor crônica[37]. São essas influências, em combinação com uma grande variedade de fatores psicológicos, genéticos e fatores biológicos, que frequentemente prejudicam o tratamento da depressão. Intervenções básicas que compreendem atenção a uma causa e/ou um mecanismo bioquímico (por exemplo, visando a um único distúrbio do neurotransmissor) tornam menos provável o objetivo de remissão ou recuperação[37]. O exercício físico é um tratamento alternativo eficiente para a depressão, com um aumento de 49% na probabilidade de resposta ao tratamento, definida como uma redução de 50% nos escores iniciais de depressão. Outro ponto interessante é que as taxas de remissão atingiram 60% no grupo de tratamento com antidepressivos e exercício, em comparação com 10% no grupo somente antidepressivo[37] .

As evidências metanalíticas têm demonstrado que as intervenções com base em atividades físicas possuem um efeito moderado na redução de sintomas depressivos[7], além de proporcionar um efeito protetor contra o desenvolvimento da depressão, reduzindo o risco em cerca de 22% na população geral[45]. Estudos de acompanhamento, ensaios clínicos e ensaios clínicos randomizados encontraram uma correlação positiva entre o exercício físico

regular e a redução nos sintomas depressivos[46–50]. Tanto o treinamento de força quanto o treinamento aeróbico têm efeitos positivos no tratamento da depressão[47]. Além disso, treinamento de força de alta intensidade (80% de 1RM)[50], treinamento aeróbico moderado (17 kcal/kg/min)[48] e treinamento supervisionado de intensidade moderada (70-80% FCmax)[49] demonstraram induzir respostas positivas em uma investigação sobre o efeito do exercício nos sintomas depressivos. É provável que tanto o exercício aeróbico quanto o treinamento de força tenham efeitos positivos nos sintomas depressivos[46]. Portanto, considera-se que ambos os tipos de exercício proporcionam efeitos positivos na melhora da saúde mental [51]. Além disto, estudos têm sugerido que a combinação de ambos os tipos de exercícios provavelmente aumentaria esses efeitos. Por exemplo, considerando as recomendações globais de atividade física [52], evidências têm demonstrado que indivíduos que atendiam às diretrizes de atividade física aeróbica (150 minutos semanais de atividade física aeróbica de intensidade moderada ou 75 minutos semanais de intensidade vigorosa atividade física aeróbia, ou uma combinação equivalente) e de fortalecimento muscular (2 dias/semana de exercícios de fortalecimento muscular), em conjunto, apresentam uma menor taxa de prevalência de depressão [53], um risco reduzido de desenvolvimento de comorbidade de depressão/ansiedade [54] e uma menor probabilidade de relatar sofrimento psicológico [55], quando comparados a indivíduos que atendiam a somente uma, ou nenhuma, das diretrizes. Esses efeitos são substanciais em indivíduos idosos que apresentam sintomas depressivos leves[46], tendo em vista que as características clínicas e fisiopatológicas da depressão na população idosa são bastantes distintas das encontradas entre os adultos mais jovens[56]. Especificamente, a depressão nessa população está associada a uma maior prevalência de doenças físicas, de comprometimentos cognitivos e resposta inadequada aos medicamentos antidepressivos[57]. Apesar dessas diferenças, a população idosa parece responder ao exercício de forma semelhante à população mais jovem[58].

Conclusão

No geral, os estudos mencionados neste capítulo abrangem uma ampla gama de fatores e mecanismos pelos quais a prática regular de atividades e exercícios físicos contribui para uma melhora da saúde mental, tanto em indivíduos saudáveis, quanto em pessoas clinicamente diagnosticadas com algum transtorno psicológico, com ênfase nos transtornos depressivos. Portanto, o exercício físico pode desempenhar um papel central na prevenção e tratamento de doenças mentais, além dos inúmeros benefícios fisiológicos relacionados à prática. Por fim, acreditamos que os insights aqui fornecidos possuem implicações para a saúde pública e podem ser usados como um primeiro passo para orientar a prescrição de exercícios, objetivando a melhora da saúde mental.

Referências

1. ORGANIZATION WORLD HEALTH W. **Promoting mental health** : concepts, emerging evidence, practice : summary report / a report from the World Health Organization, Department of Mental Health and Substance Abuse in collaboration with the Victorian Health Promotion Foundation and the Univers. Published online 2005. https://apps.who.int/iris/handle/10665/42940

2. KERN, M. L. Exercise, Physical Activity, and Mental Health. **Encycl Ment Heal Second Ed**. 2015;2:175-180. doi:10.1016/B978-0-12-397045-9.00064-1

3. REBAR, A. L.; STANTON, R.; GEARD, D.; SHORT, C.; DUNCAN, M. J.; VANDELANOTTE, C. A. Meta-meta-analysis of the effect of physical activity on depression and anxiety in non-clinical adult populations. **Health Psychol Rev**. 2015;9(3):366-378. doi:10.1080/17437199.2015.1022901

4. CAMPBELL, P. Does Exercise Reduce Depressive Symptoms ? **Commentary Review on Efficacy , Mechanisms and Implementation**. 2020;3(1):1-6.

5. HU. M. X.; TURNER, D.; GENERAAL, E. *et al*. Exercise interventions for the prevention of depression: A systematic review of meta-analyses. **BMC Public Health**. 2020;20(1):1255. doi:10.1186/s12889-020-09323-y

6. LUBANS, D.; RICHARDS, J.; HILLMAN, C. *et al*. Physical activity for cognitive and mental health in youth: A systematic review of mechanisms. **Pediatrics.** 2016;138(3). doi:10.1542/peds.2016-1642

7. BIDDLE, S. J. H.; CIACCIONI, S.; THOMAS, G.; VERGEER, I. Physical activity and mental health in children and adolescents: An updated review of reviews and an analysis of causality. **Psychol Sport Exerc**. 2019;42:146-155. doi:10.1016/j.psychsport.2018.08.011

8. EATHER, N.; MORGAN, P. J.; LUBANS, D. R. Effects of exercise on mental health outcomes in adolescents: Findings from the CrossFit™ teens randomized controlled trial. **Psychol Sport Exerc**. 2016;26:14-23. doi:10.1016/j.psychsport.2016.05.008

9. PASCOE, M.; BAILEY, A. P.; CRAIKE, M. et al. Physical activity and exercise in youth mental health promotion: A scoping review. **BMJ Open Sport Exerc Med**. 2020;6(1):1-11. doi:10.1136/bmjsem-2019-000677

10. PIERCY, K. L.; TROIANO, R. P.; BALLARD, R. M. *et al*. The Physical Activity Guidelines for Americans. **JAMA**. 2018;320(19):2020-2028. doi:10.1001/jama.2018.14854

11. WHO WHO. **WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour**: at a glance. Published online, 2020.

12. MIKKELSEN, K.; STOJANOVSKA, L.; POLENAKOVIC, M.; BOSEVSKI, M. APOSTOLOPOULOS, V. Exercise and mental health. **Maturitas**. 2017;106(August):48-56. doi:10.1016/j.maturitas.2017.09.003

13. LUBANS, D.; RICHARDS, J.; HILLMAN, C. *et al*. Physical Activity for Cognitive and Mental Health in Youth: A Systematic Review of Mechanisms. **Pediatrics**. 2016;138(August):48-56. doi:10.1542/peds.2016-1642

14. RODRIGUEZ-AYLLON, M.; CADENAS-SÁNCHEZ, C.; ESTÉVEZ-LÓPEZ, F. *et al*. Role of Physical Activity and Sedentary Behavior in the Mental Health of Preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sport Med**. 2019;49(9):1383-1410. doi:10.1007/s40279-019-01099-5

15. MARTINOWICH, K.; MANJI, H.; LU, B. New insights into BDNF function in depression and anxiety. **Nat Neurosci**. 2007;10:1089-1093. doi:10.1038/nn1971

16. COTMAN, C.; BERCHTOLD, N.; CHRISTIE L-A. Exercise Builds Brain Health: Key Roles of Growth Factor Cascades and Inflammation. **Trends Neurosci**. 2007;30:464-472. doi:10.1016/j.tins.2007.06.011

17. SARBADHIKARI, S. N.; SAHA, AK. Moderate exercise and chronic stress produce counteractive effects on different areas of the brain by acting through various neurotransmitter receptor subtypes: A hypothesis. **Theor Biol Med Model**. 2006;3. doi:10.1186/1742-4682-3-33

18. DIETRICH, A.; MCDANIEL, W. F. Endocannabinoids and exercise. **Br J Sports Med**. 2004;38(5):536-541. doi:10.1136/bjsm.2004.011718

19. SZUHANY, K. L.; BUGATTI, M.; OTTO, M. W. A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. **J Psychiatr Res**. 2015;60:56-64. doi:10.1016/j.jpsychires.2014.10.003

20. PHILLIPS, C.; BAKTIR, M. A.; SRIVATSAN, M.; SALEHI, A. Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. **Front Cell Neurosci**. 2014;8:170. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fncel.2014.00170

21. KVAM, S.; KLEPPE, C. L.; NORDHUS, I. H.; HOVLAND, A. Exercise as a treatment for depression: A meta-analysis. **J Affect Disord**. 2016;202:67-86. doi:10.1016/j.jad.2016.03.063

22. PHILLIPS, C. Physical Activity Modulates Common Neuroplasticity Substrates in Major Depressive and Bipolar Disorder. **Neural Plast**. 2017;2017:1-37. doi:10.1155/2017/7014146

23. GUJRAL, S.; AIZENSTEIN, H.; REYNOLDS, C. F.; BUTTERS, M. A.; ERICKSON, K. I. Exercise effects on depression: Possible neural mechanisms. **Gen Hosp Psychiatry**. 2017;49(April):2-10. doi:10.1016/j.genhosppsych.2017.04.012

24. CHAN, J. S. Y.; LIU, G.; LIANG, D.; DENG, K.; WU, J.; YAN, J. H. Special Issue–Therapeutic Benefits of Physical Activity for Mood: A Systematic Review on the Effects of Exercise Intensity, Duration, and Modality. **J Psychol Interdiscip Appl**. 2019;153(1):102-125. doi:10.1080/00223980.2018.1470487

25. BLAY, S. L.; ANDREOLI, S. B.; FILLENBAUM, G. G.; GASTAL, F. L. Depression morbidity in later life: prevalence and correlates in a developing country. **Am J Geriatr Psychiatry**. 2007;15(9):790-799. doi:10.1097/JGP.0b013e3180654179

26. COONEY, G. M.; DWAN, K.; GREIG, C. A. *et al*. Exercise for depression. **Cochrane Database Syst Rev**. 2013;(9). doi:10.1002/14651858.CD004366.pub6

27. VAN PRAAG, H.; KEMPERMANN, G.; GAGE, F. H. Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. **Nat Neurosci**. 1999;2(3):266-270. doi:10.1038/6368

28. SEIFERT, T.; BRASSARD, P.; WISSENBERG, M. *et al*. Endurance training enhances BDNF release from the human brain. **Am J Physiol - Regul Integr Comp Physiol**. 2010;298(2). doi:10.1152/ajpregu.00525.2009

29. DISHMAN, R. K.; BERTHOUD, H. R.; BOOTH, F. W. *et al*. Neurobiology of exercise. **Obesity.** 2006;14(3):345-356. doi:10.1038/oby.2006.46

30. TALIAZ, D.; LOYA, A.; GERSNER, R.; HARAMATI, S.; CHEN, A.; ZANGEN, A. Resilience to chronic stress is mediated by hippocampal brain-derived neurotrophic factor. **J Neurosci**. 2011;31(12):4475-4483. doi:10.1523/JNEUROSCI.5725-10.2011

31. HACKNEY, A. C. Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise as a stressor and modifier of stress. **Expert Rev Endocrinol Metab**. 2006;1(6):783-792. doi:10.1586/17446651.1.6.783

32. HEINZEL, S.; RAPP, M. A.; FYDRICH, T. *et al*. Neurobiological mechanisms of exercise and psychotherapy in depression: The SPeED study—Rationale, design, and methodological issues. **Clin Trials**. 2018;15(1):53-64. doi:10.1177/1740774517729161

33. AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)**. American Psychiatric Pub; 2013.

34. WHO WHO. Depression and other common mental disorders: global health estimates. **World Heal Organ**. Published online 2017:1-24. Accessed October 22, 2019. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254610/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf?sequence=1%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254610/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf;jsessionid=0886B5297E6F5A04AA4F2F2FD5FE36F9?sequence=1%0Ahttp://apps.who.int/

35. MALHI, G. S.; MANN, J. J. Depression. **Lancet**. 2018;392(10161):2299-2312. doi:10.1016/S0140-6736(18)31948-2

36. HEINZEL, S.; RAPP, M. A.; FYDRICH, T. *et al*. Neurobiological mechanisms of exercise and psychotherapy in depression: The SPeED study—Rationale, design, and methodological issues. **Clin Trials**. 2018;15(1):53-64. doi:10.1177/1740774517729161

37. KNAPEN, J.; VANCAMPFORT, D.; MORIËN, Y.; MARCHAL, Y. Exercise therapy improves both mental and physical health in patients with major depression. **Disabil Rehabil**. 2015;37(16):1490-1495. doi:10.3109/09638288.2014.972579

38. NICE. National Institute for Health and Care Excellence. Depression in adults: recognition and management. **NICE Guideline CG90**. 2010;(April):1-592.

39. RHYNER, K. T.; WATTS, A. Exercise and depressive symptoms in older adults: A systematic meta-analytic review. **J Aging Phys Act**. 2016;24(2):234-246. doi:10.1123/japa.2015-0146

40. RANSFORD, C. P. **A role for amines in the antidepressant effect of exercise**: a review. Published online 1982:1-10. doi:10.1249/00005768-198201000-00001

41. DEVRIES, H. A. Tranquilizer effect of exercise: A critical review. **Phys Sportsmed**. 1981;9(11):47-55. doi:10.1080/00913847.1981.11711206

42. HELMICH, I.; LATINI, A.; SIGWALT, A. *et al*. Neurobiological alterations induced by exercise and their impact on depressive disorders [corrected]. **Clin Pract Epidemiol Ment Health**. 2010;6:115-125. doi:10.2174/1745017901006010115

43. BRIDLE, C.; SPANJERS, K.; PATEL, S.; ATHERTON, N. M.; LAMB, S. E. Effect of exercise on depression severity in older people: Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Br J Psychiatry**. 2012;201(3):180-185. doi:10.1192/bjp.bp.111.095174

44. MURRI, M. B.; EKKEKAKIS, P.; MENCHETTI, M. *et al*. Physical exercise for late-life depression: Effects on symptom dimensions and time course. **J Affect Disord**. 2018;230(October 2017):65-70. doi:10.1016/j.jad.2018.01.004

45. SCHUCH, F. B.; VANCAMPFORT, D.; FIRTH, J. *et al*. Physical activity and incident depression: A meta-analysis of prospective cohort studies. **Am J Psychiatry**. 2018;175(7):631-648. doi:10.1176/appi.ajp.2018.17111194

46. SILVEIRA, H.; MORAES, H.; OLIVEIRA, N.; COUTINHO, E. S. F.; LAKS, J.; DESLANDES, A. Physical exercise and clinically depressed patients: a systematic review and meta-analysis. **Neuropsychobiology.** 2013;67(2):61-68. doi:10.1159/000345160

47. DESLANDES, A. C.; MORAES, H.; ALVES, H. *et al*. Effect of aerobic training on EEG alpha asymmetry and depressive symptoms in the elderly: A 1-year follow-up study. **Brazilian J Med Biol Res**. 2010;43(6):585-592. doi:10.1590/S0100-879X2010007500041

48. KAMPERT, J. B.; DUNN, A. L.; CLARK, C. G.; CHAMBLISS, H. O.; TRIVEDI, M. H. Exercise treatment for depression. Am J Prev Med. 2004;28(1):1-8. doi:10.1016/j.amepre.2004.09.003

49. BLUMENTHAL, J. A.; BABYAK, M. A.; DORAISWAMY, P. M. *et al*. Exercise and pharmacotherapy in the treatment of major depressive disorder. **Psychosom Med**. 2007;69(7):587-596. doi:10.1097/PSY.0b013e318148c19a

50. SINGH, N. A.; STAVRINOS, T. M.; SCARBEK, Y.; GALAMBOS, G.; LIBER, C.; SINGH, M. A. F. A randomized controlled trial of high versus low intensity weight training versus general practitioner care for clinical depression in older adults. **Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci**. 2005;60(6):768-776. doi:10.1093/gerona/60.6.768

51. TEYCHENNE, M; WHITE, R. L.; RICHARDS, J.; SCHUCH, F. B.; ROSENBAUM, S.; BENNIE, J. A. Do we need physical activity guidelines for mental health: What does the evidence tell us? **Ment Health Phys Act**. 2020;18(August 2019):100315. doi:10.1016/j.mhpa.2019.100315

52. WHO WHO. **Global Recommendations on Physical Activity for Health**. Published online 2010:400.

53. BENNIE, J. A.; TEYCHENNE, M. J.; DE COCKER, K.; BIDDLE, S. J. H. Associations between aerobic and muscle-strengthening exercise with depressive symptom severity among 17,839 U.S. adults. **Prev Med (Baltim).** 2019;121:121-127. doi:10.1016/j.ypmed.2019.02.022

54. OFTEDAL, S.; SMITH, J.; VANDELANOTTE, C.; BURTON, N. W.; DUNCAN, M. J. Resistance training in addition to aerobic activity is associated with lower likelihood of depression and comorbid depression and anxiety symptoms: A cross sectional analysis of Australian women. **Prev Med (Baltim).** 2019;126:105773. doi:10.1016/j.ypmed.2019.105773

55. DE COCKER, K.; TEYCHENNE, M.; WHITE, R. L.; BENNIE, J. A. Adherence to aerobic and muscle-strengthening exercise guidelines and associations with psychological distress: A cross-sectional study of 14,050 English adults. **Prev Med (Baltim).** 2020;139:106192. doi:10.1016/j.ypmed.2020.106192

56. HAIGH, E. A. P.; BOGUCKI, O. E.; SIGMON, S. T.; BLAZER, DG. Depression among older adults: a 20-year update on five common myths and misconceptions. **Am J Geriatr Psychiatry**. 2018;26(1):107-122.

57. ALEXOPOULOS, G. S. Depression in the elderly. **Lancet**. 2005;365(9475):1961-1970.

58. CATALAN-MATAMOROS, D.; GOMEZ-CONESA, A.; STUBBS, B.; VANCAMPFORT, D. Exercise improves depressive symptoms in older adults: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. **Psychiatry Res**. 2016;244:202-209.

EXERCÍCIO E SISTEMA IMUNE

Data de aceite: 06/06/2023

AMANDA DE QUEIROZ AFONSO

DANIEL JOSÉ FONTEL DA SILVA

JOSAFÁ GONÇALVES BARRETO

Introdução

Nos últimos anos, a população mundial tem se tornado mais sedentária. Essa mudança gera repercussões na saúde geral desses indivíduos e aumenta a incidência de doenças crônicas cardiovasculares, musculoesqueléticas, pulmonares, neurológicas, como também alguns tipos de câncer, afetando a qualidade de vida da população (WONG *et al.*, 2019).

A atividade física gera respostas que influenciam no comportamento das células do sistema imune, no entanto, elas variam entre o período agudo e crônico após o exercício, bem como com a modalidade de exercício praticado e sua intensidade (NIEMAN; WENTZ, 2019). Acredita-se que o exercício torna linfócitos, células que combatem antígenos de vírus, bactérias ou tumores, mais vigilantes (FERNÁNDEZ-RUIZ, 2019). Além disso, algumas formas de exercício possuem efeito anti-inflamatório. Quando realizadas de forma regular, a longo prazo, reduzem a morbimortalidade de doenças imunológicas (MINUZZI *et al.*, 2018).

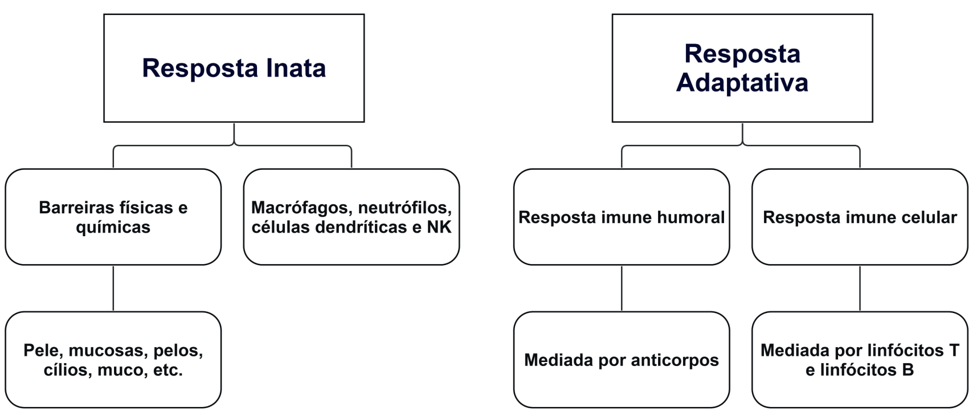
No entanto, existem divergências na literatura a respeito dos efeitos do exercício na resposta imunológica, pois esse pode promover melhora ou debilitar essa resposta, a depender do tipo de exercício e da aptidão física de cada sujeito (VALDIGLESIAS *et al.*, 2017). Neste capítulo, abordaremos os efeitos do exercício físico na resposta imune, destacando algumas citocinas e como elas respondem ao exercício, de forma aguda e crônica, nas modalidades aeróbico e resistido.

Aspectos básicos sobre a resposta imunológica e sua ativação durante o exercício

O sistema imunológico humano é

composto pela resposta imune inata, que é a primeira linha de defesa do organismo contra agentes patógenos, e a resposta adaptativa, com característica específica e de memória para cada antígeno (COLLAO *et al.*, 2019). A resposta inata identifica a ameaça de algum antígeno e envia informações que desencadeiam resposta adaptativa específica (TALBOT; FOSTER; WOOLF, 2016).

A resposta inata é composta por barreiras físicas, químicas e a de células como macrófagos, neutrófilos, células dendríticas, células natural killers (NK) e moléculas microbicidas (CHAVAN; TRACEY, 2017). A resposta imune adaptativa compõe-se principalmente por linfócitos T (TCD4+ e TCD8+) e B e seus produtos, citocinas e anticorpos, respectivamente (FARBER *et al.*, 2016). Pode ser diferenciada em resposta imune humoral, que é mediada por anticorpos e resposta imune celular, mediada por células, como linfócitos T e macrófagos (TALBOT; FOSTER; WOOLF, 2016). Os linfócitos T reconhecem antígenos após interação com células apresentadoras de antígeno, sofrem diferenciação em T CD4+ ou T CD8+, os quais são leucócitos que auxiliam outras células do sistema imune. Após esse processo de maturação, essas células deixam o timo em direção à periferia por meio da corrente sanguínea (PROSCHINGER; FREESE, 2019).



Esquema 1 – Respostas Imunológicas

Fonte: autores.

Os linfócitos TCD4+ podem se especificar, através da ação da interleucina 12 (IL-12), em células Th1 (T helper tipo 1), e por meio da interleucina 4 (IL-4), em células Th2 (T helper tipo 2), que produzem padrões diferentes de citocinas. As células Th1 são responsáveis principalmente pela produção de interferon-gama (IFN-γ) e estão vinculadas à resposta imune celular e ao controle de infecções causadas por microrganismos dentro da célula. As células Th2 produzem principalmente IL-4 e estão ligadas à resposta imune humoral e controle das infecções fora da célula. Vários aspectos envolvem essas células

e direcionam o tipo de resposta imunológica e a sua eficiência (SÁEZ-CIRIÓN; MANEL, 2018).

As citocinas, mediadoras centrais das respostas imunológicas, trabalham na comunicação entre as células do sistema imune, neuroendócrino e hematopoiético e são classificadas em pró-inflamatórias e anti-inflamatórias, de acordo com sua ação. As principais citocinas anti-inflamatórias são IL-10 e TGF-Beta (Fator de transformação de crescimento β), que podem impedir a produção de citocinas pró-inflamatórias. Algumas das citocinas pró-inflamatórias são IL-1, IL-2, IL-12, IL-18, IFN-γ e TNF-α. A produção dessas citocinas e seus inibidores é mediada por diversos fatores. Durante as contrações musculares esqueléticas que ocorrem durante exercícios de longa duração, são liberadas grandes quantidades de IL-6, e, por essa característica, ela também é conhecida como miocina. Apesar de participar do processo inflamatório, a IL-6 tem ação anti-inflamatória por estimular a produção de IL-1a (antagonista do receptor de IL-1) e de IL-10 (PEAKE *et al.*, 2015).

O aumento de IL-6 está ligado à intensidade do exercício, devido a sua íntima ligação com a contração muscular. Exercícios que envolvam poucos grupos musculares, como exercícios de membros superiores, podem não ser suficientes para aumentar os níveis de concentração de IL-6. No entanto, um exercício com uso de grande massa muscular, como corrida, aumenta significativamente a produção dessa citocina, quando comparado aos níveis antes do exercício (NIEMAN; WENTZ, 2019). Essa alteração na produção de citocinas anti-inflamatórias causadas pelo exercício pode ser explicada como proteção do próprio organismo para reduzir as reações pró-inflamatórias desenvolvidas pelo dano muscular esquelético que ocorre durante o exercício. No entanto, esse aumento de citocinas anti-inflamatórias pode deixar o indivíduo mais vulnerável às infecções (TERRA *et al.*, 2012).

Já os neutrófilos exercem papel importante na resposta imune inata, pois compõem a primeira linha de defesa do corpo, sendo a primeira célula recrutada para o local da infecção. Sua função é realizar a fagocitose até a eliminação completa dos micro-organismos. A ativação da fibra muscular proporciona o aumento da liberação de Cálcio (Ca2+), que leva à produção de citocinas pró-inflamatórias (TNF-α e IL-8), as quais, por meio da corrente sanguínea, atraem os neutrófilos para a região. Sendo assim, o exercício moderado está associado ao aumento da atividade dos neutrófilos, pelo aumento das funções quimiotáxicas (locomoção de células por estímulos químicos) e fagocíticas (PROSCHINGER; FREESE, 2019).

Outras células que desempenham funções significativas na resposta imune são as que apresentam antígeno (células dendríticas, macrófagos e linfócitos B) aos linfócitos T. Exercícios aeróbicos intensos reduzem a quantidade de receptores nos macrófagos, o que limita a apresentação de antígenos aos linfócitos T, inibe o dano tecidual provocado pelos mediadores inflamatórios e diminui o risco de doenças inflamatórias crônicas. No

entanto, essa mesma característica anti-inflamatória aumenta a vulnerabilidade para infecções por microrganismos. Em relação as células dendríticas, sua grande capacidade de armazenar antígenos e expressar moléculas co-estimulatórias é potencializada com exercício físico, visto que estudos mostram um aumento do número de células dendríticas (MURO, FERREIRA & GONZAGA, 2009; TERRA *et al.*, 2012).

Por fim, as células Natural Killer (NK), que são linfócitos importantes para defesa inespecífica - isso porque reconhecem e promovem a quebra de células infectadas por vírus, bactérias, protozoários e células tumorais -, recrutam neutrófilos, macrófagos e ativam células dendríticas e linfócitos T e B. As células NK possuem sensibilidade ao exercício físico, que promove sua distribuição do sangue periférico para os demais tecidos e sugere-se estar fortemente relacionada com a saúde geral do indivíduo (PROSCHINGER; FREESE, 2019).

Resposta inflamatória aguda e crônica ao exercício

Como dito anteriormente, é bem estabelecido que a prática regular de exercício físico ativo pode combater várias doenças crônicas (GLEESON; NIEMAN; PEDERSEN, 2004). Dentre os diversos benefícios, estão o aumento da oxidação lipídica, a restauração da homeostase metabólica e redução da inflamação (GLEESON; MCFARLIN; FLYNN, 2006). O exercício físico, por sua vez, pode ter parte na diminuição da inflamação subclínica, característica comum em diversas doenças (WALSH *et al.*, 2011). Estudos mais recentes têm demonstrado que exercício regular e moderado tem efeitos protetores devido a suas propriedades imunorreguladoras (BATATINHA; ROSA NETO; KRÜGER, 2019), além de ser capaz de reduzir marcadores inflamatórios circulantes em indivíduos saudáveis e enfermos (YOU *et al.*, 2013). Nesta etapa, discutiremos os processos envolvidos na resposta aguda e crônica ao exercício físico.

Resposta Aguda ao exercício

O efeito agudo do exercício físico é intimamente associado a mudanças no número e função de leucócitos circulantes, sendo estes mediados pelo sistema neuro-imuno-endócrino (AOI; NAITO, 2019). O aumento da atividade do sistema nervoso simpático e a consequente secreção de catecolaminas, a exemplo de adrenalina e noradrenalina, são grandemente responsáveis pela mobilização de alguns tipos de linfócitos e monócitos durante o exercício. Além disso, o exercício aumenta a atividade do eixo hipófise-hipotálamo-adrenal, causando aumento da liberação de hormônio liberador de corticotropina, adrenocorticotrófico e cortisol, conhecidos pelo profundo efeito no tráfego de leucócitos (OKUTSU *et al.*, 2008).

Neutrófilos

Células inatas como os neutrófilos são atraídas para locais de infecção ou inflamação via quimiotaxia, e realizam a ingestão e destruição de fatores exógenos, a exemplo de patógenos, através da fagocitose (SIMPSON *et al.*, 2015). Durante o exercício, existe um rápido e profundo aumento no número de neutrófilos na corrente sanguínea em resposta ao estresse oxidativo. Tal aumento é mediado pela ação do eixo HPA, seguido de um acréscimo tardio de neutrófilos algumas horas após a cessação da atividade, relacionado sobretudo à ação do cortisol advindo do córtex das glândulas adrenais, e são dependentes da intensidade e duração do exercício (PEAKE, 2002; SIMPSON *et al.*, 2015). Alguns estudos demonstraram que a função neutrofílica é temporariamente afetada por sessões de treinamento contínuas, prolongadas e extenuantes, o que dá suporte à ideia de imunossupressão temporária após sessões prolongadas de treinamento (OTTONE *et al.*, 2019). Isso pode levar a um risco aumentado de infecções após exercício contínuo, atribuído às alterações temporárias na imunocompetência (GLEESON; NIEMAN; PEDERSEN, 2004).

Monócitos e Macrófagos

Outras células de defesa afetadas de forma aguda pelo exercício são os monócitos, que são células relativamente imaturas, destinadas a se tornarem macrófagos. É sabido que durante o exercício agudo existe uma monocitose transitória que provavelmente leva os monócitos mais marginalizados para uma porção mais circulante, sendo isso resultado da alteração na hemodinâmica e liberação de cortisol e catecolaminas do endotélio vascular (KRÜGER, 2007). Existem estudos demostrando que o exercício pode mudar o fenótipo dos monócitos, proteína de superfície celular e expressão de citocinas. Em resposta aguda ao exercício, existe uma mobilização maior de monócitos CD14+/CD16+, que exibem um fenótipo pró-inflamatório em relação ao fenótipo clássico CD14+/CD16– anti-inflamatório (HONG; MILLS, 2008). Pode ser que essas células marginalizadas tenham uma função inflamatória mais madura para a entrada nos tecidos e sejam eliminadas do endotélio em resposta ao exercício, e curiosamente a porcentagem do fenótipo CD14+/CD16+ parece diminuir durante a fase de recuperação (SIMPSON *et al.*, 2009). Isso pode ser indicativo de aumento da infiltração de monócitos nos tecidos ou migração de monócitos pró-inflamatórios dos órgãos linfoides (GRAFF *et al.*, 2018), tendo em vista que os monócitos mobilizados pelo exercício possivelmente se infiltram no músculo esquelético e se diferenciam em macrófagos que residem nos tecidos, os quais facilitariam o reparo e a regeneração, principalmente após sessões de treinamento intensas que causam danos significativos no músculo esquelético (PEAKE *et al.*, 2017). O exercício também regula e diminui a expressão de TLR (tool-like receptor) em monócitos e macrófagos e

gradualmente atenua suas cascatas inflamatórias (MCFARLIN *et al*., 2005), tendo em vista que a estimulação de TLR's resulta na produção de interferons, citocinas pró-inflamatórias, quimiocinas e atividades citotóxicas (GLEESON; MCFARLIN; FLYNN, 2006). O exercício também tem participação na alteração do fenótipo inflamatório tipo M1 em macrófagos, associado à produção de citocinas pró-inflamatórias como fator de necrose turmoral α (TNF-α) e interleucina 6 (IL-6) para o fenótipo anti-inflamatório do tipo M2, e redução da infiltração de macrófagos no tecido adiposo, levando a uma redução na produção de citocinas inflamatórias (KAWANISHI, 2014).

Células Natural Killers

As células NK são rapidamente mobilizadas para a circulação em resposta aguda ao exercício, provavelmente devido ao estresse e à desregulação induzida por catecolaminas na expressão de moléculas de adesão (TIMMONS, 2008). A citotoxicidade de células NK é uma importante medida funcional da atividade dessas células (WALSH *et al*., 2011). Uma única sessão de treinamento é capaz de aumentar a citotoxicidade das células NK, que é rapidamente seguida por uma supressão na fase de recuperação (SIMPSON *et al*., 2014), podendo ser um indicativo de aumento na suscetibilidade à infecção, especialmente se o exercício for prolongado e intenso (GLEESON; BISHOP, 2005). Entretanto, Bigley *et al*. (2015), em estudo recente, investigaram os efeitos do exercício na citotoxicidade das células NK usando uma grande variedade de marcadores celulares, e observaram um aumento no número de um subtipo de células NK durante a fase de recuperação contra células tumorais originadas de linfoma e mieloma (BIGLEY *et al*., 2015). Portanto, ainda não está claro se o exercício afeta a capacidade funcional das células NK em um nível individual da célula, ou se as mudanças na função de NK meramente refletem as alterações induzidas pelo exercício no número de células NK e na distribuição de seus subtipos (SIMPSON *et al*., 2015).

Linfócitos

Sobre os Linfócitos, o exercício agudo reflete alterações bifásicas transitórias características no seu número. Tipicamente ocorre linfocitose durante e após o exercício, com redução do número de células em níveis anteriores ao exercício durante as fases iniciais de recuperação, retornando gradativamente aos valores basais (WALSH *et al*., 2011). E tais alterações dependem da intensidade e duração do exercício, status de treinamento pré-exercício e substrato energético disponível (WEINHOLD *et al*., 2016). Estudos in vitro para análise da função das células T são feitos com mitógeno ou com antígeno para estimular a replicação celular. Em estudo, foi observada a diminuição da migração de linfócitos T CD4+ e CD8+ para o local de infecção de células epiteliais brônquicas infectadas por rhinovírus 1h após completar corrida na esteira, a 60% do Vo2 máx durante 2 horas (BISHOP *et*

al., 2009). Entretanto, quando a resposta de célula T foi avaliada com peptídeos virais contra antígenos comuns como Citomegalovírus e o vírus Epstein-Barr, foi observada uma ativação e proliferação de células T após 30 minutos de exercício contínuo, denotando suas propriedades de memória específica ao antígeno (SIMPSON *et al*., 2014).

Já em estudos in vivo, a resposta aguda foi capaz de diminuir e aumentar a resposta adaptativa imune. Em estudo com triatletas que receberam inoculação intradérmica contendo diversos antígenos, incluindo o tétano, difteria, seguido de meia corrida de Ironman, os resultados mostraram diminuição da resposta imune para o reconhecimento dos antígenos, comparada ao controle nas primeiras 48 horas (BRUUNSGAARD *et al*., 1997). Outros estudos investigaram um potencial efeito melhorador da eficácia de vacina atribuído ao exercício, envolvendo movimentos dinâmicos ou baseado em exercício resistido. Conclui-se que uma única sessão de exercício de intensidade moderada foi capaz de melhorar a resposta imune à vacinação (PASCOE; FIATARONE SINGH; EDWARDS, 2014).

Sobre os efeitos agudos do exercício nos linfócitos do tipo B, foram avaliados a partir da concentração de imunoglobulinas presentes no soro e na mucosa, e os resultados mostraram valores inalterados ou levemente acrescidos, seja no exercício breve ou prolongado (WALSH *et al*., 2011). Em suma, uma sessão de treinamento pode ocasionar diversos efeitos na resposta imune, seja na regulação nos níveis de citocinas pró-inflamatórias ou através da indução de um ambiente favorável ao aumento da ação de quimiocinas anti-inflamatórias nos diferentes componentes de defesa imunológica do corpo. Diversos mecanismos podem contribuir para a geração desse ambiente anti-inflamatório, incluindo o aumento da liberação de cortisol e adrenalina pelas glândulas suprarrenais; expressão reduzida de TLRs em monócitos e macrófagos, e consequente inibição da produção de citocinas pró-inflamatórias; inibição da infiltração de tecido adiposo por monócitos e macrófagos; mudança de fenótipo de macrófagos no tecido adiposo; e uma redução no número circulante de monócitos pró-inflamatórios (GLEESON *et al*., 2011). Tais mecanismos estão intimamente relacionados à intensidade e duração do exercício.

Resposta crônica ao exercício

A prática regular de exercício físico tem um potencial de exercer efeitos positivos e deletérios na função normal do sistema imune (SIMPSON *et al*., 2015), que precisa manter um delicado equilíbrio entre mecanismos efetores da imunidade e os mecanismos imunorregulatórios, que promovem não só tolerância imune, como atenuam a inflamação, mas podem também levar à susceptibilidade às infecções (WEINHOLD *et al*., 2016). É importante ressaltar os efeitos do sedentarismo na resposta imunológica associados a um quadro de inflamação subclínica, sobretudo relacionado a desordens de origem metabólica, em que são secretadas citocinas pró-inflamatórias do tecido adiposo visceral acumulado, tendo como uma das principais consequências a resistência à insulina (DE ALVARO *et al*.,

2004).

Neutrófilos

Sobre a resposta inata, o exercício regular pode não alterar a contagem de neutrófilos na corrente sanguínea (WALSH *et al*., 2011). Entretanto, alguns estudos demonstraram redução no número de neutrófilos em treinamentos de alta intensidade (PYNE, 1994) e em atletas de *Endurance*. Segundo Horn *et al*. (2010), no estudo longitudinal em mais de 2000 atletas australianos ao longo de 10 anos, os achados nas coletas sanguíneas de neutrófilos foram menores entre ciclistas e triatletas, e desses, 17% foram considerados neutropênicos comparados a outras modalidades (HORN *et al*., 2010).

Monócitos e Macrófagos

Entre os monócitos e macrófagos, assim como na resposta aguda, o exercício regular pode contribuir para a inibição da inflamação no tecido adiposo através da regulação e diminuição da expressão de TLR 4 (KAWANISHI, 2014). Estudos em animais demonstraram que o treinamento de exercício levou à redução da infiltração de macrófagos e expressão de citocinas pró-inflamatórias através da redução do tecido adiposo. Logo, houve diminuição da inflamação sistêmica em ratos com dieta rica em gordura (VIEIRA *et al*., 2009), sugerindo um efeito anti-inflamatório em potencial do exercício também em populações que apresentam quadro inflamatório (WALSH *et al*., 2011).

Células Natural Killers

Sobre as células NK, em adição aos efeitos agudos do exercício na sua função, observa-se um efeito crônico decorrente de repetidas sessões de exercício. Entretanto, ainda existe controvérsia sobre o real efeito do exercício, devido à grande diversidade nos programas de exercício propostos pelos estudos, além de diferentes idades e gênero entre os participantes (BIGLEY; SIMPSON, 2015). Como exemplo, no estudo de Moro-Garcia *et al*., verificou-se que o treinamento de exercício de alto volume aumentou a atividade e citotoxicidade de células NK (MORO-GARCÍA *et al*., 2014). Em outro estudo, 15 semanas de exercício moderado levaram ao aumento de citotoxicidade de NK, comparado ao grupo controle sedentário (FAIREY *et al*., 2005). Por outro lado, no estudo de Campbell *et al.* (2008), que investigou os efeitos de um programa de exercício aeróbico com duração de 12 meses em mulheres pós-menopausa, não foram encontradas alterações na citotoxicidade das células NK (CAMPBELL *et al*., 2008). Portanto, são necessários mais estudos a fim de verificar os efeitos do exercício como mediador da função e citotoxicidade das células NK.

Linfócitos

Em relação aos efeitos crônicos do exercício na resposta de células T e B, as mudanças não são tão claras ao se comparar atletas e indivíduos não treinados (NIEMAN; WENTZ, 2019). Entretanto, tais respostas parecem ser sensíveis à carga de treinamento de atletas bem treinados sob períodos de treinamento intenso (WALSH *et al*., 2011), como observado em atletas de rúgbi e ciclismo em período de competição, quando houve uma diminuição do número de Células T e na produção IL-2 n (BAJ' *et al*., 1994; CUNNIFFE *et al*., 2011). Isso sugere que existe um efeito cumulativo em repetições de treinos extenuantes devido ao período inadequado de recuperação para o sistema imune (SVENDSEN *et al*., 2016). Sobre os linfócitos B, em estudo já citado anteriormente (BRUUNSGAARD *et al*., 1997), não houve diferenças entre indivíduos que praticaram exercício prolongado e o grupo controle na função de linfócitos B e na habilidade de gerar anticorpos 14 dias após vacinação. Isso sugere que a resposta primária é mais suscetível a perturbações ocasionadas pelo exercício de maneira mais imediata à prática do que prolongada (JONES; DAVISON, 2019).

Portanto, os efeitos anti-inflamatórios do exercício físico regular podem ser mediados pela redução da massa de gordura visceral, reduzindo a ação pró-inflamatória nos adipócitos, o que impacta no grau de inflamação subclínica global (GLEESON *et al*., 2011). Além disso, acredita-se que a somação dos efeitos agudos de cada treinamento é responsável por promover adaptações à longo prazo, tanto nos mecanismos de imunidade inata como adaptativa.

Efeito do exercício no sistema imune de pessoas com doenças crônicas

O exercício físico tem sido recomendado como parte do tratamento de inúmeras doenças, pois a sua associação com a melhora da capacidade funcional e qualidade de vida já está bem estabelecida. No entanto, os efeitos do exercício no sistema imunológico de pessoas com determinadas patologias ainda vêm sendo objeto de estudo para melhor elucidar seus benefícios na resposta imune (JUNG *et al*., 2018).

Doenças autoimunes

Dentre os estudos realizados com portadores de doenças autoimunes, Curran *et al*. (2019) realizaram um estudo com pacientes de diabetes tipo 1 e grupo controle, em que os indivíduos praticaram uma sessão de 30 minutos de ciclismo a 80% do VO2máx predito, sendo as amostras sanguíneas coletadas antes, imediatamente após o exercício e 1 hora após o exercício, a fim de se pesquisar a resposta de linfócitos T. Entre os achados, o exercício agudo promove mobilização de células TCD8+ diferenciadas, porém em menor quantidade quando comparado com indivíduos saudáveis (CURRAN *et al*., [s.d.]).

Perandini *et al*. (2016) estudaram os efeitos do exercício aeróbico agudo na expressão

gênica de leucócitos no lúpus eritematoso sistêmico, de forma que mulheres sedentárias foram divididas em três grupos: lúpus ativo, lúpus inativo e controle. O exercício proposto foi caminhada na esteira por 35 minutos (5 minutos de aquecimento e 30 minutos de teste) com intensidade pré-determinada pelo teste cardiopulmonar, e coletas de sangue antes, imediatamente após e 3 horas após o exercício. O estudo concluiu que imediatamente após o exercício existe uma queda da expressão gênica de leucócitos na circulação, seguida de um aumento durante o período de recuperação, independentemente do nível de atividade da doença, porém sugere que nessas pacientes os leucócitos são deficientes em disparar a resposta imune transcricional induzida pelo exercício, quando comparados com o grupo controle (PERANDINI *et al.*, [s.d.]).

Um estudo similar, também conduzido por Perandini et al. (2015), teve como objetivo avaliar as alterações de citocinas (INF-γ, IL-10, IL-6, TNF-α) e receptores solúveis de TNF em duas sessões de exercício (moderado e intenso), com intervalo de 72 horas entre elas, em mulheres portadoras de lúpus. Foram coletadas amostras de sangue antes, imediatamente após, a cada 30 minutos durante um período de recuperação de 3 horas e 24 horas após o exercício. A pesquisa conclui que as alterações nas citocinas e receptores solúveis de TNF sofreram mínima alteração durante o exercício, que foi recuperada após as 24 horas de repouso, o que demonstra que o exercício (moderado ou intenso) não exacerba o processo inflamatório característico da doença (PERANDINI *et al.*, 2015).

Doenças Neurológicas

Nijs *et al.* (2014) realizaram uma revisão sistemática a fim de investigar as alterações imunológicas produzidas pelo exercício em pacientes com Síndrome de Fadiga Crônica, em comparação com indivíduos saudáveis. Com base nessa revisão, os autores afirmam que indivíduos com essa patologia têm uma resposta mais pronunciada da resposta imune no que diz respeito a perfil de expressão gênica dessas células, mas não em citocinas pró ou anti-inflamatórias em circulação (NIJS *et al.*, 2014). Um outro estudo envolvendo uma revisão sistemática sobre efeitos do exercício no sistema imune de lesados medulares, visto que existem alterações nas funções autonômicas e redução de linfócitos nesses pacientes, concluiu que a resposta imune depende do nível de lesão, pois há aumento de citocinas (como IL-6) em resposta aguda ao exercício em paraplégicos, mas esses níveis permanecem inalterados em tetraplégicos (LEICHT; GOOSEY-TOLFREY; BISHOP, 2013).

Alergias

Chanta *et al.* (2019) realizaram um estudo que teve como objetivo investigar os efeitos do treinamento de Hatha Yoga sobre as citocinas em pacientes com rinite alérgica, em comparação com grupo controle. O protocolo de Hatha Yoga teve duração de 60 minutos, com frequência de três vezes por semana, por 8 semanas consecutivas. Para análises,

foram coletadas amostras de sangue e secreções nasais. Os autores concluíram que a prática dessa modalidade de yoga reduz os sintomas da rinite e aumenta a concentração de IL-2, porque aumenta os níveis de antioxidantes, que são importantes no mecanismo de prevenção de inflamações (CHANTA *et al.*, 2021).

Um outro estudo envolvendo pacientes com alergia alimentar a amendoim, realizado no Reino Unido em 2019, buscou estimar o efeito do exercício na resposta imune à alergia. Durante o estudo, os participantes ingeriram doses crescentes de proteínas do amendoim por 8 vezes em intervalo de 30 minutos entre elas, e, após 5 minutos da ingestão, realizaram 10 minutos de exercício em uma bicicleta estática na intensidade de 85% do VO2máx. O estudo concluiu que o exercício reduz a resposta alérgica, justificado pelo fato de que esse promove aumento da permeabilidade de alérgenos no intestino (DUA *et al.*, 2019).

Conclusão

Portanto, diante do exposto, pode-se afirmar que o exercício causa efeitos que podem potencializar ou atenuar o processo inflamatório e a resposta imunológica, a depender da modalidade de exercício e principalmente da intensidade, frequência e carga do treinamento. Esse é um campo que deve ser estudado intensamente nos próximos anos, a fim de aprofundar os conhecimentos sobre a relação existente entre o exercício físico, o sistema imunológico e o tratamento de doenças crônicas.

Referências

AOI, W.; NAITO, Y. Immune Function, Nutrition, and Exercise. *In*: Nutrition and Enhanced Sports Performance. [s.l.] **Elsevier**, 2019. p. 83–95.

Baj, Z., Kantorski, J., Majewska, E., Zeman, K., Pokoca, L., Fornalczyk, E., Tchórzewski, H., Sulowska, Z., & Lewicki, R. (1994). Immunological status of competitive cyclists before and after the training season. International journal of sports medicine, 15(6), 319–324. https://doi.org/10.1055/s-2007-1021067

BATATINHA, H. A. P.; ROSA NETO, J. C.; KRÜGER, K. Inflammatory features of obesity and smoke exposure and the immunologic effects of exercise. ***Exercise immunology review***, v. 25, n. February, p. 96–111, 2019.

BIGLEY, A. B. *et al*. Acute exercise preferentially redeploys NK-cells with a highly-differentiated phenotype and augments cytotoxicity against lymphoma and multiple myeloma target cells. Part II: Impact of latent cytomegalovirus infection and catecholamine sensitivity. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 49, p. 59–65, 1 out. 2015.

BIGLEY, A. B.; SIMPSON, R. J. **NK Cells and Exercise**: Implications for Cancer Immunotherapy and Survivorship Emotional Risk and Resilience in Isolated, Confined and Extreme Environments View Project Ageing, Exercise and Stem Cell Mobilisation View project Discovery Medicine. [s.l: s.n.].

Bishop, N. C., Walker, G. J., Gleeson, M., Wallace, F. A., & Hewitt, C. R. (2009). Human T lymphocyte migration towards the supernatants of human rhinovirus infected airway epithelial cells: influence of exercise and carbohydrate intake. Exercise immunology review, 15.

BRUUNSGAARD, H. *et al.* In vivo cell-mediated immunity and vaccination response following prolonged, intense exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 9, p. 1176–1181, set. 1997.

CAMPBELL, P. T. *et al.* Effect of exercise on in vitro immune function: A 12-month randomized, controlled trial among postmenopausal women. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 6, p. 1648–1655, jun. 2008.

Chanta, A., Klaewsongkram, J., Mickleborough, T. D., & Tongtako, W. (2022). Effect of Hatha yoga training on rhinitis symptoms and cytokines in allergic rhinitis patients. Asian Pacific journal of allergy and immunology, 40(2), 126–133. https://doi.org/10.12932/AP-260419-0547

CHAVAN, S. S.; TRACEY, K. J. Essential Neuroscience in Immunology. **The Journal of Immunology**, v. 198, n. 9, p. 3389–3397, 1 maio 2017.

COLLAO, N. *et al.* Anti-Inflammatory Effect of Exercise Mediated by Toll-Like Receptor Regulation in Innate Immune Cells – A Review. **International Reviews of Immunology**, p. 1–14, 4 nov. 2019.

CUNNIFFE, B. *et al.* Mucosal immunity and illness incidence in elite rugby union players across a season. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 3, p. 388–397, mar. 2011.

Curran, M., Campbell, J., Drayson, M., Andrews, R., & Narendran, P. (2019). Type 1 diabetes impairs the mobilisation of highly-differentiated CD8+T cells during a single bout of acute exercise. Exercise immunology review, 25, 64–82.

DE ALVARO, C. *et al.* Tumor Necrosis Factor α Produces Insulin Resistance in Skeletal Muscle by Activation of Inhibitor κB Kinase in a p38 MAPK-dependent Manner. **Journal of Biological Chemistry**, v. 279, n. 17, p. 17070–17078, 23 abr. 2004.

DE OLIVEIRA OTTONE, V. *et al.* Late Neutrophil Priming Following a Single Session of High-intensity Interval Exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 03, p. 171–179, 31 mar. 2019.

DUA, S. *et al.* Effect of sleep deprivation and exercise on reaction threshold in adults with peanut allergy: A randomized controlled study. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, 15 jul. 2019.

FAIREY, A. S. *et al.* Randomized controlled trial of exercise and blood immune function in postmenopausal breast cancer survivors. **J Appl Physiol**, v. 98, p. 1534–1540, 2005.

FARBER, D. L. *et al.* Immunological memory: lessons from the past and a look to the future. **Nature Reviews Immunology**, v. 16, n. 2, p. 124–128, 2 fev. 2016.

FERNÁNDEZ-RUIZ, I. Exercise protects against cardiovascular disease by modulating immune cell supply. **Nature Reviews Cardiology**, 20 nov. 2019.

GLEESON, M. *et al.* The anti-inflammatory effects of exercise: Mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. **Nature Reviews Immunology**, v. 11, n. 9, p. 607–610, 2011.

Gleeson, M., & Bishop, N. C. (2005). The T cell and NK cell immune response to exercise. Annals of transplantation, 10(4), 43–48.

GLEESON, M.; MCFARLIN, B.; FLYNN, M. Exercise and Toll-like receptors. **Exercise immunology review**, v. 12, p. 34–53, 2006.

GLEESON, M.; NIEMAN, D. C.; PEDERSEN, B. K. Exercise, nutrition and immune function. **Journal of Sports Sciences**, v. 22, n. 1, p. 115–125, 18 jan. 2004.

GRAFF, R. M. *et al.* β2-Adrenergic receptor signaling mediates the preferential mobilization of differentiated subsets of CD8+ T-cells, NK-cells and non-classical monocytes in response to acute exercise in humans. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 74, p. 143–153, 1 nov. 2018.

Hong, S., & Mills, P. J. (2008). Effects of an exercise challenge on mobilization and surface marker expression of monocyte subsets in individuals with normal vs. elevated blood pressure. Brain, behavior, and immunity, 22(4), 590–599. https://doi.org/10.1016/j.bbi.2007.12.003

HORN, P. L. *et al*. Lower white blood cell counts in elite athletes training for highly aerobic sports. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 5, p. 925–932, nov. 2010.

JONES, A. W.; DAVISON, G. Exercise, Immunity, and Illness. *In*: **Muscle and Exercise Physiology**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 317–344.

JUNG, Y. S. *et al*. Physical Inactivity and Unhealthy Metabolic Status Are Associated with Decreased Natural Killer Cell Activity. **Yonsei Medical Journal**, v. 59, n. 4, p. 554, 2018.

Kawanishi, N., Yano, H., Yokogawa, Y., & Suzuki, K. (2010). Exercise training inhibits inflammation in adipose tissue via both suppression of macrophage infiltration and acceleration of phenotypic switching from M1 to M2 macrophages in high-fat-diet-induced obese mice. Exercise immunology review, 16, 105–118.

Krüger, K., & Mooren, F. C. (2007). T cell homing and exercise. Exercise immunology review, 13, 37–54.

LEICHT, C. A.; GOOSEY-TOLFREY, V. L.; BISHOP, N. C. Spinal cord injury: known and possible influences on the immune response to exercise. **Exercise immunology review**, v. 19, p. 144–63, 2013.

MURO, L. F. F. et al. Relação Antígeno-Anticorpo. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. VII, n. 12, jan. 2019.

MCFARLIN, B. K. *et al*. Chronic resistance exercise training improves natural killer cell activity in older women. **Journals of Gerontology** - Series A Biological Sciences and Medical Sciences, v. 60, n. 10, p. 1315–1318, 2005.

MINUZZI, L. G. *et al*. Effects of lifelong training on senescence and mobilization of T lymphocytes in response to acute exercise. **Exercise immunology review**, v. 24, p. 72–84, [s.d.].

MORO-GARCÍA, M. A. *et al.* Frequent participation in high volume exercise throughout life is associated with a more differentiated adaptive immune response. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 39, p. 61–74, 2014.

Nieman, D. C., & Wentz, L. M. (2019a). The compelling link between physical activity and the body's defense system. Journal of sport and health science, 8(3), 201–217. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.09.009

NIEMAN, D. C.; WENTZ, L. M. The compelling link between physical activity and the body’s defense system. **Journal of sport and health science**, v. 8, n. 3, p. 201–217, maio 2019b.

NIJS, J. *et al*. Altered immune response to exercise in patients with chronic fatigue syndrome/myalgic encephalomyelitis: a systematic literature review. **Exercise immunology review**, v. 20, p. 94–116, 2014.

OKUTSU, M. *et al.* The effects of acute exercise-induced cortisol on CCR2 expression on human monocytes. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 22, n. 7, p. 1066–1071, out. 2008.

PASCOE, A. R.; FIATARONE SINGH, M. A.; EDWARDS, K. M. The effects of exercise on vaccination responses: A review of chronic and acute exercise interventions in humans. **Brain, Behavior, and Immunity Academic Press Inc**., 2014.

PEAKE, J. M. Exercise-induced alterations in neutrophil degranulation and respiratory burst activity: possible mechanisms of action. **Exercise immunology review**, v. 8, p. 49–100, 2002.

PEAKE, J. M. *et al*. Cytokine expression and secretion by skeletal muscle cells: regulatory mechanisms and exercise effects. **Exercise immunology review**, v. 21, p. 8–25, 2015.

PEAKE, J. M. *et al*. Recovery of the immune system after exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 5, p. 1077–1087, 1 maio 2017.

Perandini, L. A., Sales-de-Oliveira, D., Almeida, D. C., Azevedo, H., Moreira-Filho, C. A., Cenedeze, M. A., Benatti, F. B., Lima, F. R., Borba, E., Bonfa, E., Sa-Pinto, A. L., Roschel, H., Camara, N. O., & Gualano, B. (2016). Effects of acute aerobic exercise on leukocyte inflammatory gene expression in systemic lupus erythematosus. Exercise immunology review, 22, 64–81.

PERANDINI, L. A. *et al*. Inflammatory cytokine kinetics to single bouts of acute moderate and intense aerobic exercise in women with active and inactive systemic lupus erythematosus. **Exercise immunology review**, v. 21, p. 174–85, 2015.

Proschinger, S., & Freese, J. (2019). Neuroimmunological and neuroenergetic aspects in exercise-induced fatigue. Exercise immunology review, 25, 8–19.

Pyne D. B. (1994). Regulation of neutrophil function during exercise. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 17(4), 245–258. https://doi.org/10.2165/00007256-199417040-00005

SÁEZ-CIRIÓN, A.; MANEL, N. Immune Responses to Retroviruses. **Annual Review of Immunology**, v. 36, n. 1, p. 193–220, 26 abr. 2018.

SIMPSON, R. J. *et al*. Toll-like receptor expression on classic and pro-inflammatory blood monocytes after acute exercise in humans. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 23, n. 2, p. 232–239, fev. 2009.

SIMPSON, R. J. *et al.* 177. A single bout of exercise augments the expansion of multi-virus specific T-cells in healthy humans. **Brain, Behavior, and Immunity**, v. 40, p. e51, 1 set. 2014.

SIMPSON, R. J. *et al*. Exercise and the Regulation of Immune Functions. Progress in Molecular Biology and Translational Science. **Anais...** Elsevier B.V., 2015.

SVENDSEN, I. S. *et al*. Training-related and competition-related risk factors for respiratory tract and gastrointestinal infections in elite cross-country skiers. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 13, p. 809–815, jul. 2016.

TALBOT, S.; FOSTER, S. L.; WOOLF, C. J. Neuroimmunity: Physiology and Pathology. **Annual Review of Immunology**, v. 34, n. 1, p. 421–447, 20 maio 2016.

TERRA, R. *et al*. Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 2012.

Timmons, B. W., & Cieslak, T. (2008). Human natural killer cell subsets and acute exercise: a brief review. Exercise immunology review, 14, 8–23.

VALDIGLESIAS, V. *et al*. Immune biomarkers in older adults: Role of physical activity. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, Part A, v. 80, n. 13–15, p. 605–620, 3 ago. 2017.

VIEIRA, V. J. *et al*. Effects of diet and exercise on metabolic disturbances in high-fat diet-fed mice. **Cytokine**, v. 46, n. 3, p. 339–345, jun. 2009.

Walsh, N. P., Gleeson, M., Shephard, R. J., Gleeson, M., Woods, J. A., Bishop, N. C., Fleshner, M., Green, C., Pedersen, B. K., Hoffman-Goetz, L., Rogers, C. J., Northoff, H., Abbasi, A., & Simon, P. (2011). Position statement. Part one: Immune function and exercise. Exercise immunology review, 17, 6–63.

WEINHOLD, M. *et al*. Physical exercise modulates the homeostasis of human regulatory T cells. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 137, n. 5, p. 1607- 1610.e8, maio 2016.

Wong, G. C. L., Narang, V., Lu, Y., Camous, X., Nyunt, M. S. Z., Carre, C., Tan, C., Xian, C. H., Chong, J., Chua, M., How, W., Mok, E., Tambyah, P., Poidinger, M., Abel, B., Burdin, N., Quemeneur, L., Bosco, N., Ng, T. P., & Larbi, A. (2019). Hallmarks of improved immunological responses in the vaccination of more physically active elderly females. Exercise immunology review, 25, 20–33.

You, T., Arsenis, N. C., Disanzo, B. L., & Lamonte, M. J. (2013). Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity : current evidence and potential mechanisms. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 43(4), 243–256. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0023-3

EXERCÍCIO E CÂNCER

Data de aceite: 06/06/2023

NATÁLIA SILVA DA COSTA

THALITA DA LUZ COSTA

JOÃO SIMÃO DE MELO NETO

Introdução

A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que a cada 6 mortes, 1 está relacionada ao câncer (1). Prevê-se que a incidência dessa doença mantenha o crescimento de aproximadamente 70% em todo o mundo, e estima-se que, em média, uma a cada três mulheres desenvolve qualquer tipo de câncer (2). Entre elas, o câncer de mama é o mais incidente. No Brasil, esse tipo ocupa a primeira posição entre as mulheres em todas as regiões, exceto a região Norte, em que predomina o câncer de colo do útero. Além disso, ainda se destaca por ser a causa de morte por câncer mais frequente em mulheres, sendo, no ano de 2018, o responsável por 2,09 milhões de casos (3).

Para a população masculina, o câncer de próstata é o tipo mais incidente em todas as regiões do país. No mundo, ele é a segunda neoplasia mais incidente em homens, ficando atrás apenas do câncer de pulmão (4), e, por razões ainda incertas, homens negros apresentam 74% maior risco de desenvolver o câncer de próstata do que homens brancos. As taxas de mortalidade por essa doença caíram a partir dos anos 90, e apresentaram estabilidade entre 2013 e 2015 (5). Em 2018, o câncer de próstata foi responsável por 1,28 milhão de casos de morte (1).

A incidência do câncer de mama e de próstata aumenta com a idade. Cerca de 50% dos pacientes possuem o diagnóstico acima de 65 anos de idade. No entanto, o processo de envelhecimento não é sentido na mesma proporção em todos os indivíduos (6). Entre os fatores de risco de maior prevalência do câncer, destacam-se: inatividade física, sobrepeso, tabagismo, mudanças de estilo de vida e o envelhecimento (7). Para ambos, câncer de próstata e câncer de mama, histórico familiar da doença e mutações genéticas

herdadas também são fatores de risco (5).

Aspectos do Paciente Oncológico

Atualmente, as cirurgias combinadas com quimioterapia (QT), radioterapia (RT) e terapia hormonal (TH) encontram-se entre as possibilidades de tratamento para o câncer, a depender do estágio da doença e de alguns parâmetros preditivos (8). O tratamento do câncer pode provocar sintomas indesejados no paciente, como: dor, fadiga, dispneia, náuseas, inapetência e perda de peso não intencional, o que afeta diretamente a qualidade de vida durante e após o tratamento. Coa e colaboradores encontraram associação entre alterações na dieta e outros efeitos colaterais do tratamento, como fadiga, chegando à conclusão de que um bom gerenciamento das questões nutricionais no tratamento oncológico pode minimizar outros efeitos e melhorar a qualidade de vida geral (9).

Além dos sintomas já mencionados, pacientes com diagnóstico de câncer de mama podem evoluir com toxicidade cardíaca, disfunção reprodutiva e linfedema. Cerca de 70 a 100% dessas pacientes descrevem a fadiga como o efeito colateral mais frequente. Ela está relacionada diretamente ao tratamento, e pode tornar-se um ciclo vicioso de fadiga induzida pela própria fadiga. A partir desta, observa-se redução de massa e força muscular, evoluindo consequentemente para a diminuição das atividades de vida diária e qualidade de vida (10).

Echávez e colaboradores (11) relatam que a fadiga pode se estender de meses a anos após o tratamento, podendo ser considerada um fator de baixa sobrevida. No entanto, nessa metanálise, observou-se que a fadiga relacionada ao câncer foi minimizada por meio de exercício supervisionado, quando comparado com cuidados convencionais, apresentando-se como uma intervenção segura e eficaz no tratamento de domínios relacionados à qualidade de vida em pacientes com câncer de mama (11).

O Benefício do Exercício para Pacientes Oncológicos

A compreensão sobre os benefícios do exercício físico após o diagnóstico do câncer tem evoluído nas últimas décadas (12). Antes, os pacientes costumavam ser aconselhados a descansar e manter o baixo consumo de energia, porém, atualmente, compreende-se que o exercício físico regular pode ajudar a amenizar os efeitos adversos do tratamento, proporcionando qualidade de vida para o paciente, fazendo necessário o estímulo da prática (13).

Sabe-se que os vasos tumorais se apresentam de forma demasiadamente desorganizada, apresentando fluxo sanguíneo limitado, dificultando a entrega da medicação às células cancerígenas. Ainda que a terapia antiogênica possa auxiliar a organizar os vasos tumorais, compreende-se que o exercício físico potencializa de forma positiva as

alterações desse microambiente, como a redução da hipóxia tumoral (14,15), que, por sua vez, mostra-se eficiente na absorção do tratamento (droga), beneficiando a resposta à quimioterapia (14,16). Dessa forma, o exercício aliado ao tratamento vem se mostrando uma eficiente estratégia não farmacológica (17,18).

Preliminarmente, os estudos que existiam sobre exercício físico em paciente oncológicos mostraram benefícios na qualidade de vida daqueles (19–21). Com o desenvolvimento das evidências, os sobreviventes têm apresentado significativos efeitos fisiológicos que parecem estar intimamente ligados à intensidade aplicada (22). Isso certifica a hipótese de que o exercício de moderada a alta intensidade, aliado a exercícios aeróbicos, pode minimizar o declínio da aptidão cardiorrespiratória e fadiga, contribuindo na aderência à quimioterapia. Além disso, mostra que o exercício de alta intensidade foi responsável por preservar a força muscular das pacientes por até 12 meses, adquirida durante a quimioterapia (23).

As diretrizes de prescrição de exercício físico consideram que os possíveis efeitos colaterais, advindos não só do tratamento, mas também da própria doença (como estadiamento, tratamento ou recidiva), podem influenciar diretamente a tolerância ao exercício e sobre a prescrição deste (24). Assim, no estudo de Mijwel e colaboradores (25), a etapa em que o exercício ocorre pode ser um interessante fator, pois pode combater a deterioração mitocondrial, e essa condição faz-se importante porque o menor nível de força muscular mostra-se como um preditor de fadiga relacionada ao câncer nos sobreviventes.

Nesse mesmo texto (25), analisaram que pacientes submetidos a um programa de exercício resistido combinado com HIIT apresentaram um aumento significativo na Células Satélites das fibras musculares, enquanto o treinamento aeróbico, também combinado com o HIIT, resultou no aumento de capilares por fibra muscular ($P < 0{,}001$). Além disso, o grupo de treino aeróbico e HIIT (AT-HIIT) foi superior ao grupo controle (GC) e ao grupo de treino resistido e HIIT (RT-HIIT) para os níveis de proteínas da cadeia de transporte de elétrons. Essa diferença entre os grupos de exercícios deve-se ao resultado dos 20 minutos extras de AT de intensidade moderada, após a intervenção de 12 semanas, concomitante ao tratamento quimioterápico. Dessa forma, os benefícios do exercício também podem ser percebidos durante o tratamento.

Bolam e colaboradores (26), após dois anos de sua intervenção, com 206 pacientes oncológicos em QT, mostraram que o grupo RT-HIIT relatou menor nível de fadiga e apresentou maior força muscular. Já AT-HIIT relatou níveis de fadiga e massa corporal mais baixa. Até o momento, esse é um dos primeiros estudos que analisa diferenças na força muscular ao longo de dois anos de exercício físico durante a quimioterapia para mulheres com câncer. Apesar dos avanços do exercício físico em paciente oncológico, ainda se fazem necessárias mais evidências completas sobre os efeitos a longo prazo (27).

Dessa forma, o treinamento físico apresenta-se com uma opção tanto preventiva como favorável sobre a progressão do câncer de próstata, quando esse está determinado (28).

Portanto, sugerem-se mudanças necessárias para um estilo vida saudável, com o objetivo de reduzir o sedentarismo, que se apresenta como um dos gatilhos pré-determinados para o desenvolvimento do câncer de próstata (29), corroborando que, uma vez diagnosticados, os homens que participam de treinamento físico apresentam menor taxa de progressão (30). Os mecanismos pelos quais o exercício aeróbico diminui a progressão do câncer de próstata ainda não estão completamente esclarecidos (31).

Outro fator de risco importante para o desenvolvimento de câncer é o Índice de Massa Corporal (IMC), por isso, durante e após o tratamento, aumenta o risco de recorrência da doença, especialmente para os cânceres de mama, cólon e próstata (32). Desse modo, a obesidade é definida como uma das principais causas associadas a maiores volumes e crescimento prostático (33). Entretanto, pode ser que essa relação seja influenciada por outros fatores, como a raça do indivíduo, segundo o estudo de Barrington (34). Porém, em 2019, no estudo de Park (35), essa relação não se mostrou significativa. Por esse motivo, os fatores que determinam a incidência de câncer de próstata não se fazem claros, necessitando de novos estudos.

Considerações Finais

Por muito tempo, acreditou-se que era contraindicada a prática de exercício físico pelo paciente oncológico. Durante e após o tratamento, orientava-se que esse paciente permanecesse em repouso, com mínimo ou nenhum gasto de energia. Atualmente, o exercício físico é indicado pela equipe multiprofissional e reconhecido por meio de pesquisas atuais, relatadas neste capítulo, como de fundamental importância para aspectos físicos e psicológicos do paciente, durante e após o período de tratamento, garantindo a melhora e/ou manutenção de uma boa qualidade de vida geral.

Referências

1. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Folha Informativa - Câncer**. OMS Brasil - Câncer.

2. VAINSHELBOIM, B.; LIMA, R. M.; MYERS, J. Cardiorespiratory fitness and cancer in women: A prospective pilot study. **J Sport Heal Sci**. 2019;8(5):457–62.

3. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Conceito e Magnitude do câncer de mama** [Internet]. Inca. 2019.

4. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Estimativa Incidência de Câncer no Brasil** - Biênio 2018-2019. Vol. 1, Inca. 2018. 124 p.

5. AMERICAN CANCER SOCIETY. **Cancer Facts & Figures 2018**. Atlanta: American Cancer Society; 2018.

6. ZHANG, X.; MENG, X.; CHEN, Y.; LENG, S. X.; ZHANG, H. The biology of aging and cancer: Frailty, inflammation, and immunity. **Cancer J** (United States). 2017;23(4):201–5.

7. LUO, G.; LIU, N. An integrative theory for cancer (Review). **Int J Mol Med**. 2019;43(2):647–56.

8. PILLAI, U. S.; KAYAL, S.; CYRIAC, S.; NISHA, Y.; DHARANIPRAGADA, K.; KAMALANATHAN, S. K. *et al*. Late effects of breast cancer treatment and outcome after corrective interventions. **Asian Pacific J Cancer Prev**. 2019;20(9):2673–9.

9. COA, K. I.; EPSTEIN, J. B.; ETTINGER, D.; JATOI, A.; MCMANUS, K.; PLATEK, M. E. *et al*. The impact of cancer treatment on the diets and food preferences of patients receiving outpatient treatment. **Nutr Cancer**. 2015;67(2):339–53.

10. GEBRUERS, N.; CAMBERLIN, M.; THEUNISSEN, F.; TJALMA, W.; VERBELEN, H.; VAN SOOM, T. *et al*. The effect of training interventions on physical performance, quality of life, and fatigue in patients receiving breast cancer treatment: a systematic review. **Support Care Cancer**. 2019;27(1):109–22.

11. MENESES-ECHÁVEZ, J. F.; GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, E.; RAMÍREZ-VÉLEZ, R. Effects of supervised exercise on cancer-related fatigue in breast cancer survivors: A systematic review and meta-analysis. **BMC Cancer**. 2015;15(1):1–13.

12. FULLER, J. T.; HARTLAND, M. C; MALONEY, L. T.; DAVISON, K. Therapeutic effects of aerobic and resistance exercises for cancer survivors: A systematic review of meta-analyses of clinical trials. **Br J Sports Med**. 2018;52(20):1311.

13. CORMIE, P.; ZOPF, E. M.; ZHANG, X.; SCHMITZ, K. H. The impact of exercise on cancer mortality, recurrence, and treatment-related adverse effects. **Epidemiol Rev**. 2017;39(1):71–92.

14. BETOF, A. S.; LASCOLA, C. D.; WEITZEL, D.; LANDON, C.; SCARBROUGH, P. M.; DEVI, G. R. *et al*. Modulation of murine breast tumor vascularity, hypoxia, and chemotherapeutic response by exercise. **J Natl Cancer Inst**. 2015;107(5):1–5.

15. JONES, L. W.; ANTONELLI, J.; MASKO, E. M.; BROADWATER, G.; LASCOLA, C. D.; FELS, D. *et al*. Exercise modulation of the host-tumor interaction in an orthotopic model of murine prostate cancer. **J Appl Physiol**. 2012;113(2):263–72.

16. SCHADLER, K. L.; THOMAS, N. J.; GALIE, P. A.; BHANG, D. H.; ROBY, K. C.; ADDAI, P. *et al.* Tumor vessel normalization after aerobic exercise enhances chemotherapeutic efficacy. **Oncotarget**. 2016;7(40):65429–40.

17. SCHADENDORF, D.; HODI, F. S.; ROBERT, C; WEBER, J. S.; MARGOLIN, K.; HAMID, O. *et al*. Pooled analysis of long-term survival data from phase II and phase III trials of ipilimumab in unresectable or metastatic melanoma. **J Clin Oncol**. 2015;33(17):1889–94.

18. RIBAS, A.; HAMID, O.; DAUD, A.; HODI, F. S.; WOLCHOK, J. D.; KEFFORD, R. *et al.* Association of pembrolizumab with tumor response and survival among patients with advanced melanoma. **JAMA - J Am Med Assoc**. 2016;315(15):1600–9.

19. SEGAR, M. L.; KATCH, V. L.; ROTH, R. S.; GARCIA, A. W.; PORTNER, T. I.; GLICKMAN, S. G. *et al*. The effect of aerobic exercise on self-esteem and depressive and anxiety symptoms among breast cancer survivors. **Oncol Nurs Forum**. 1998;25(1):107–13.

20. BREMER, B. A.; MOORE, C. T.; BOURBON, B. M.; HESS, D. R.; BREMER, K. L. Perceptions of control, physical exercise, and psychological adjustment to breast cancer in South African women. **Ann Behav Med**. 1997;19(1):51–60.

21. KEATS, M. R. Leisure-time physical activity and psychosocial well-being in adolescents after cancer diagnosis. **J Pediatr Oncol Nurs**. 1999;16(4):180–8.

22. VAN WAART, H.; STUIVER, M. M.; VAN HARTEN, W. H.; GELEIJN, E.; KIEFFER, J. M.; BUFFART, L. M. *et al*. Effect of low-intensity physical activity and moderate- to high-intensity physical exercise during adjuvant chemotherapy on physical fitness, fatigue, and chemotherapy completion rates: Results of the PACES randomized clinical trial. **J Clin Oncol**. 2015;33(17):1918–27.

23. MIJWEL, S.; JERVAEUS, A.; BOLAM, K. A.; NORRBOM, J.; BERGH, J.; RUNDQVIST, H. *et al*. High-intensity exercise during chemotherapy induces beneficial effects 12 months into breast cancer survivorship. **J Cancer Surviv**. 2019;13(2):244–56.

24. IRWIN, M. L. Guia do ACSM para exercício e sobrevivência ao câncer [recurso eletrônico]. **American College Sports Medicine**. Tradução Carolina Loyelo. – 1. ed. – São Paulo: Phorte, 2015.

25. MIJWEL, S.; CARDINALE, D. A.; NORRBOM, J.; CHAPMAN, M.; IVARSSON, N.; WENGSTRÖM, Y. *et al*. Exercise training during chemotherapy preserves skeletal muscle fiber area, capillarization, and mitochondrial content in patients with breast cancer. **FASEB J**. 2018;32(10):5495–505.

26. BOLAM, K. A.; MIJWEL, S.; RUNDQVIST, H.; WENGSTRÖM, Y. Two-year follow-up of the OptiTrain randomised controlled exercise trial. **Breast Cancer Res Treat** [Internet]. 2019;175(3):637–48.

27. NAKANO, J.; HASHIZUME, K.; FUKUSHIMA, T.; UENO, K.; MATSUURA, E.; IKIO, Y. et al. Effects of Aerobic and Resistance Exercises on Physical Symptoms in Cancer Patients: A Meta-analysis. **Integr Cancer Ther**. 2018;17(4):1048–58.

28. WANG, Y.; JACOBS, E. J.; GAPSTUR, S. M.; MALINIAK, M. L.; GANSLER, T.; MCCULLOUGH, M. L. *et al*. Recreational Physical Activity in Relation to Prostate Cancer–specific Mortality Among Men with Nonmetastatic Prostate Cancer. **Eur Urol** [Internet]. 2017;72(6):931–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.eururo.2017.06.037

29. MOORE, S. C.; LEE, I. M.; WEIDERPASS, E.; CAMPBELL, P. T.; SAMPSON, J. N.; KITAHARA, C. M. *et al*. Association of leisure-time physical activity with risk of 26 types of cancer in 1.44 million adults. **JAMA Intern Med**. 2016;176(6):816–25.

30. WILT, T. J.; JONES, K. M.; BARRY, M. J.; ANDRIOLE, G. L.; CULKIN, D.; WHEELER, T. *et al*. Follow-up of prostatectomy versus observation for early prostate cancer. **N Engl J Med**. 2017;377(2):132–42.

31. ALIBHAI, S. M. H.; SANTA MINA, D.; RITVO, P.; TOMLINSON, G.; SABISTON, C.; KRAHN, M. *et al*. A phase II randomized controlled trial of three exercise delivery methods in men with prostate cancer on androgen deprivation therapy. **BMC Cancer**. 2019;19(1):1–11.

32. BEAUDRY, R. I.; LIANG, Y.; BOYTON, S. T.; TUCKER, W. J.; BROTHERS, R. M.; DANIEL, K. M. *et al*. Meta-analysis of Exercise Training on Vascular Endothelial Function in Cancer Survivors. **Integr Cancer Ther**. 2018;17(2):192–9.

33. MULLER, R.; GERBER, L.; MOREIRA, D.; ANDRIOLE, G.; PARSONS, J. K.; FLESHNER, N. *et al*. 1736 Obesity Is Associated With Increased Prostate Growth and Attenuated Prostate Volume Reduction By Dutasteride. **J Urol.** 2012;187(4S):1115–21.

34. BARRINGTON, W. E.; SCHENK, J. M.; ETZIONI, R.; ARNOLD, K. B.; NEUHOUSER, M. L.; THOMPSON, I. M. *et al*. Difference in association of obesity with prostate cancer risk between US African American and non-Hispanic white men in the Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT). **JAMA Oncol**. 2015;1(3):342–9.

35. PARK, S-Y; HAIMAN, C. A.; CHENG, I.; SUNGSHIM, L. P.; HENDERSON, B. E. Cancer risk: the Multiethnic Cohort Study. **Cancer Causes Control**. 2016;26(10):1507–15.

VICTOR SILVEIRA COSWIG - Possui graduação em Educação Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel /2010) e Pós-graduação em Fisiologia do Exercício e prescrição para academias e Personal Trainer pelo Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA/2011). Possui mestrado em Atividade Física e Desempenho pela ESEF/UFPel (2014) e Doutorado na linha de Desempenho e Metabolismo Humano (ESEF/UFPel- 2017). Atualmente é Professor Adjunto do Instituto de Educação Física e Esportes da Universidade Federal do Ceará (IEFES-UFC). Atua como orientador nos Programas de Pós Graduação em Neurociência e Comportamento (PPGNC/UFPA) e em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH). É coordenador da Especialização em Treinamento Esportivo da UFPA/Castanhal e do Grupo de Estudos em Treinamento Físico e Esportivo (GET/UFPA). Tem experiência na área de Educação Física, com ênfase em Fisiologia do Exercício e Treinamento Desportivo, especialmente com lutadores.

EDUARDO MACEDO PENNA - Possui graduação em Educação Física pela Universidade Federal de Minas Gerais (2009). Mestre (2012) e Doutor (2019) em Ciências do Esporte (PPGCE) pela Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Professor adjunto IV da Universidade Federal do Pará atuando na área de Treinamento Esportivo. Participa de projetos que abordam aspectos psicofisiológicos do desempenho humano e treinamento esportivo. Orientador permanente no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano (PPGCMH-UFPA) e Coordenador do Grupo de Estudos em Treinamento Físico e Esportivo - GET/UFPA: www.get.ufpa.br . Bolsista Fulbright - Junior Scholar - 2021/2022 com projeto desenvolvido junto ao Instituto de Tecnologia da Georgia (Georgia Tech)

Tópicos em
Ciências do Movimento Humano

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

PPG CMH
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Tópicos em
Ciências do Movimento Humano

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023

PPG CMH
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano